

Trabajo Fin de Grado

Grado Universitario en Ingeniería Mecánica

Desarrollo de un entorno virtual 3D de
entrenamiento de diseñadores de tuberías

Autor/es

Alejandro Sola Almagro

Director/es

Javier Blasco Alberto

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2015



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. Alejandro Sola Almagro,

con nº de DNI 17761762N en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Grado Ingeniería Mecánica, (Título del Trabajo)

Desarrollo de un entorno virtual 3D de entrenamiento de diseñadores de
tuberías

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 19 Noviembre 2015

Fdo: Alejandro Sola Almagro

Resumen del Trabajo:

Desarrollo de un entorno virtual 3D de entrenamiento de diseñadores de tuberías

El presente trabajo de fin de grado trata sobre la creación de un ejercicio de entrenamiento virtual para diseñadores de tuberías junior que están en la fase de formación y adquisición de conocimientos sobre instalaciones de tuberías.

Para la creación de este ejercicio de entrenamiento ha sido necesaria la revisión de gran volumen de bibliografía relacionada con el diseño de tuberías y de la extracción de reglas de diseño para la creación de unas listas de verificación que servirán a los diseñadores junior de apoyo para verificar el correcto diseño de instalaciones de tuberías.

Mediante el software de diseño de tubería PDMS, e inspirándose en los planos cedidos por una ingeniería multinacional de una planta real ya instalada se ha creado un modelo en 3D de una instalación de tuberías que servirá de soporte para este ejercicio, siendo esta la planta donde deberán ser detectados los errores y exportando esta planta creada en PDMS al software de realidad virtual COMOS Walkinside se consigue la plataforma virtual por la que moverse detectando errores y verificando los puntos de las listas creadas.

Con este trabajo también se trata de dar una visión al estudiante de cómo se organiza, desarrolla y lleva a la práctica el diseño de un proyecto de ingeniería de gran escala.

Agradecimientos

La realización de este trabajo de fin de grado ha sido posible gracias a la colaboración de diversas personas del sector de la ingeniería de tuberías como son Antonio Brosed Brosed, ingeniero de tuberías retirado de la empresa Nurell, que cedió para este trabajo gran cantidad de bibliografía, Jorge Giró, profesor de diseño 3D de tuberías del máster de ingeniería de tuberías de la universidad de Zaragoza, por la gran predisposición a prestar ayuda relacionada con el software de diseño PDMS y David Núñez, informático en una ingeniería encargado del diseño 3D de tuberías, que me dio una visión del funcionamiento de una ingeniera de proyectos.

También nombrar a la empresa Siemens por la colaboración en la creación del modelo de realidad virtual cediendo el software y una licencia para su uso, y a los directores del Departamento de Tuberías por sus explicaciones durante mi visita a las Ingenierías en Madrid y por ceder tan amablemente los archivos informáticos a pesar contener información confidencial.

No olvidarme de mi familia y amigos, que siempre han tenido palabras de aliento y ánimo.

Y como agradecimiento final y más importante, a mi tutor y director del trabajo de fin de grado Javier Amadeo Blasco Alberto, por su gran ayuda e implicación en este trabajo que sin él no se habría podido llevar a cabo. Gracias

Índice

1. Introducción.....	-1-
1.1. Objetivos del Trabajo Fin de Grado.....	-1-
1.2. Tareas realizadas.....	-1-
1.2.1 Creación de listas de verificación	-1-
1.2.2 Creación de modelo 3D en software de diseño de tuberías PDMS.....	-2-
1.2.3 Creación de maqueta virtual para ejercicio de entrenamiento.....	-2-
1.3. Fases de un proyecto de una planta industrial.....	-2-
1.3.1 Diseño conceptual.....	-3-
1.3.2 Ingeniería de detalle.....	-3-
1.3.3 Construcción.....	-4-
1.3.4 Puesta en marcha.....	-4-
1.4. Datos de partida.....	-5-
2 . Creación de listas de verificación.....	-6-
2.1 Process Plant Layout and Piping Design.....	-6-
2.2 Piping and Pipeline Engineering.....	-7-
2.3 Curso de tuberías Betta.....	-8-
2.4 Mobil Engineering Guide - Piping General Design.....	-9-
2.5 Plant Layout and Piping Design for minumum cost systems.....	-10-
2.6 Piping Design, layout and stress analysis L-002.....	-11-
2.7 PIP (Process Industry Practices).....	-12-
2.8 Especificación de diseño de ingeniería multinacional.....	-13-
3. Diseño 3D de tuberías.....	-14-
3.1 Introducción al diseño 3D de tuberías.....	-14-
3.1.1 Cronología de diseño de una instalación en PDMS	-14-
3.2 Creación de un modelo 3D de una instalación de tuberías en PDMS.....	-15-
3.2.1 Creación de la sección de obra civil.....	-15-
3.2.2 Creación de la sección de los equipos.....	-18-
3.2.3 Creación de la sección de tuberías.....	-19-
3.2.4 Instalación completa.....	-23-
4. Escenarios de entrenamiento.....	-24-
4.1 Interpretación de planos.....	-24-
4.1.1 Interpretación de planos P&ID.....	-24-
4.1.2 Interpretación de planos 2D.....	-25-
4.2 Revisión de listas de verificación para la detección de errores de diseño.....	-30-
4.3 Revisión de la planta mediante simuladores de realidad virtual.....	-37-
4.3.1 Software de visión 3D Navisworks (AutoDesk).....	-37-

4.3.2 Creación de maqueta en COMOS Walkinside (Siemens).....	-38-
5. Conclusiones.....	-39-
6.Trabajo futuro	-40-
7. Bibliografía.....	-41-
8. Glosario.....	-42-
ANEXO A. Planos de partida (2D, P&ID y simbología).....	-43-
ANEXO B. Especificación de diseño de ingeniería multinacional.	-45-
ANEXO C. Listas de verificación.....	-47-
-Verificación de planos y trazado.....	-48-
-Verificación de equipos.....	-49-
- Verificación de instrumentación.....	-55-
ANEXO D. Modelo generado (3D y 2D).....	-61-
-Planos generados con PDMS.....	-61-
-Vistas 3D maqueta PDMS.....	-61-

1. Introducción

En la actualidad, los jóvenes diseñadores de tuberías, tienen una serie de lagunas en su formación o en sus habilidades a la hora de poder diseñar correctamente el trazado de instalaciones de tuberías. Este hecho viene derivado de la falta de bibliografía al respecto, o que el diseño de trazados de tuberías, así como el diseño en 3D de instalaciones no tiene cabida en los planes de estudios de los grados actuales (quizá por lo específico de la rama de transporte de fluidos con respecto a los grados de ingeniería actuales), así como la lectura e interpretación de planos 2D y planos P&ID (diagramas de tuberías e instrumentación). Esta habilidad para el diseño correcto de los trazados de tuberías, se adquiere con formación en empresas y en trabajos específicos así como la experiencia de cada diseñador.

1.1 Objetivo del Trabajo de Fin de Grado

El objetivo principal de este trabajo, consistirá en diseñar un sistema que permita a estos jóvenes diseñadores mejorar sus destrezas a la hora de la interpretación de planos, conocimiento del proceso, el cumplimiento de la normativa y la aplicación de una serie de “reglas” o códigos de buenas prácticas para el correcto trazado de líneas de tuberías dentro de instalaciones de transporte de fluidos.

Este sistema estará basado en comprobar a través de unas listas de verificación elaboradas a partir de documentación sobre tuberías para llevar el control del correcto diseño y trazado de la instalación por parte del diseñador en un entramado 3D creado a partir de planos reales cedidos por una ingeniería multinacional del sector como se verá más adelante.

1.2 Tareas realizadas en el trabajo

1.2.1 Listas de verificación

Uno de los aspectos fundamentales del trabajo, es la revisión de bibliografía relacionada con el transporte de fluidos, lo que no solo comprende la parte de delineación de líneas de tuberías, sino también la correcta interpretación de diagramas de proceso y el entendimiento de conexiones a los equipos más habituales en instalaciones de este tipo, por lo que el primer paso seguido ha sido la recopilación y revisión de bibliografía relacionada con las instalaciones de tuberías y obtener una lista de estas “reglas” citadas anteriormente relacionadas con características a tener en cuenta en una instalación.

En lo relacionado con tuberías, dichas “reglas” no son obligatoriamente aplicables al 100% de las instalaciones ya que cada ingeniería, posee unas especificaciones de diseño propias y que son en las que sus diseñadores se basan para la creación de las instalaciones.

A partir de la bibliografía de tuberías recopilada, y comparando muchas de las “reglas” con especificaciones de diseño cedidas para su estudio por parte de dos ingenierías del sector, se

procede a realizar una lista de verificación a través de la cual el diseñador podrá ir comprobando los fallos o no fallos que pudiera haber en el diseño.

El propósito de estas listas, es tratar de ser la guía en la que se base el diseñador para ir comprobando que el diseño al que se está enfrentando va siguiendo las directrices marcadas por las reglas de diseño.

1.2.2 Creación de modelo 3D en software de diseño de tuberías PDMS

Se ha llevado a cabo el diseño y dibujo de una instalación de tuberías a partir de planos 2D y planos P&ID, utilizando software de diseño de tuberías 3D como es PDMS.

A partir de los planos cedidos por parte de la ingeniería 1 de una unidad de una instalación de tuberías, aprender a interpretar estos planos 2D y diagramas de proceso, para después aprender a manejar el programa de diseño y poder crear toda la parte de la instalación, obra civil, equipos y entramado de tuberías.

Dentro de la creación de esta maqueta, se incluirían ya la parte de normas o reglas documentadas con anterioridad así como la especificación marcada por la ingeniería que cede los planos.

A partir del diseño de la primera maqueta de esta instalación, crear modelos idénticos a esta pero introduciendo cambios significativos y que no concuerden con las normas establecidas en las listas de verificación creadas, para que sirvan a modo de entrenamiento a nuevos o jóvenes diseñadores de tuberías para que puedan identificar los diseños incorrectos y buscar las soluciones a estos problemas de diseño.

1.2.3 Creación de maqueta virtual para ejercicio de entrenamiento

Se ha creado una maqueta virtual de la instalación diseñada en PDMS exportando este desde dicho programa de diseño a uno de visión 3D en el que el joven diseñador pueda trasladarse a los puntos de verificación de las listas y comprobar si el diseño es correcto o por el contrario contiene fallos, identificar los mismos y proponer soluciones, comparando estas con la instalación correcta.

1.3 Fases de un proyecto de una planta industrial

Como parte del trabajo de fin de grado, se han visitado dos ingenierías reales para conocer más de cerca el modo de trabajar y preparar un proyecto de grandes dimensiones. Gracias a estas reuniones y a la revisión del texto [1] se ha elaborado el siguiente documento donde se muestran las fases de las que se compone un proyecto de instalación de una planta por parte de una ingeniería.

El proyecto queda dividido en las siguientes fases:

- Diseño conceptual (conceptual design) o ingeniería básica.
- Ingeniería de detalle (detailed engineering) y compras (procurement).
- Construcción (construction)
- Puesta en marcha (start up) y comisionado (commissioning)
- Operaciones y mantenimiento (operations and maintenance)

1.3.1 Diseño conceptual (conceptual design)

Esta sería la primera fase del proyecto, también llamada ingeniería básica, consistiría en:

1. Estudio del proceso llevado a cabo en la planta a diseñar y la realización de PFDs Process & Flow Diagrams (diagramas de flujo y proceso).
2. Implantación y distribución de equipos, rack (puentes o canales de tuberías), unidades a utilizar y realización de plot plans de la planta (disposición en el terreno).
3. Modelado 3D de los equipos a instalar y líneas principales de transporte de fluido, todas las líneas con un diámetro mayor de 6 pulgadas.
4. Recuento de material para poder ofertarlo a la ingeniería de detalle.

1.3.2 Ingeniería de detalle (detailed engineering)

Esta segunda fase incluyendo también la fase de compras (procurement) está basada en los datos aportados por el diseño conceptual realizado con anterioridad, queda dividida en los diferentes departamentos en los que se trabaja en la creación de la instalación como son los departamentos de procesos, mecánico, obra civil, tuberías, eléctrico e instrumentación. Los trabajos a realizar por estos serían los siguientes:

1. Departamento de procesos: Elaboración de P&IDs (diagramas de tuberías e instrumentación) y Listas de líneas, este punto necesita una especial atención ya que se pueden generar problemas por la actualización o cambio de líneas que afecten a otro departamento y no sean comunicados.
2. Departamento mecánico: Elaboración de las hojas de datos de Equipos, incluyendo sus cálculos mecánicos (p.ej. recipientes a presión, equipos rotativos, intercambiadores de calor, etc.). Asimismo, este departamento sería también el encargado de la compra de los equipos con las características requeridas.
3. Departamento de obra civil: se realiza el estudio geotécnico del terreno, la definición de la estructura a construir, las cargas a soportar, el cálculo de secciones, y la definición de todas las fundaciones y tubería enterrada.
4. Departamento de tuberías: Preparación de especificaciones de diseño y modelo 3D, especificaciones de stress y soportes, así como la prueba de estrés para evitar fallos.

5. Departamento eléctrico: creación de las especificaciones, los diagramas unifilares, elaboración de listas de carga, creación y montaje de subestaciones y el ruteado principal de cables.
6. Departamento de instrumentación: creación de las especificaciones, diagramas unifilares, los edificios de control y la arquitectura DCS / ESD (arquitectura del sistema de control distribuido de la instrumentación de la planta a diseñar.)

La fase de la ingeniería de detalle podría quedar resumida en la lista de las actividades siguientes:

1. Estudios Plot Plan y definición de Pipe Racks y niveles
2. Distribución equipos y ruteado líneas principales. Áreas de seguridad y mantenimiento
3. Definición tubería enterrada y fundaciones. Red contraincendios y zanjas de cables
4. 1er MTO, Estimación de material basado en diagramas y Plot Plans
5. Modelado equipos, Estructuras principales y sistemas enterrados
6. Orientación de toberas, plataformas, estudios de estrés, clips de equipos
7. Diseño tuberías, definición de cargas y soportado
8. 2º MTO, obtenido del modelo 3D y la estimación
9. Realización de RFIs, Tabulaciones técnicas, RFPs de tubería (para solicitar a proveedores)
10. Chequeos de interferencias
11. Modelado Hidrantes, Cajas eléctricas e instrumentación, Monitores, etc.
12. Modelado Detalles edificios, bandejas, paneles
13. Diseño traceado de vapor
14. Emisión de isométricas para construcción
15. Elaboración de Piping Layout & General arrangement

1.3.3 Construcción

En la tercera fase del proyecto, la construcción, el trabajo de la ingeniería consistiría en:

1. Supervisión de la obra
2. Control y marcado de cambios en los planos (RED LINES)
3. Actualización de documentación AS-BUILT
4. Circuito de prueba
5. Elaboración de libros finales

1.3.4 Puesta en marcha (start up)

El proyecto quedaría concluido con esta fase, la puesta en marcha (start up) y el posterior mantenimiento de la instalación como fase ultima de este. La puesta en marcha consistiría en:

1. Chequeo de equipos y sistemas
2. Estudio del funcionamiento y planes de actuación
3. Arranque de la planta

1.4 Datos de partida

Descripción de la planta a diseñar: para el trabajo realizado, se ha contado como se ha citado anteriormente con los planos 2D, Plot planes y los diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID's) de una planta real de tratamiento de ácido nítrico.

Dada la extensión de una planta de estas características y a la complejidad del diseño completo que supone para una ingeniería de este tamaño unas 300-400 mil horas de trabajo, este trabajo se centra en el diseño de una unidad de esta planta, dedicada al tratamiento del agua utilizada posteriormente en el proceso.

Esta unidad cuenta con equipos de bombeo e intercambiadores de calor para el tratamiento y distribución del fluido al resto de la instalación con las características requeridas por el proceso.

Para la creación del modelo 3D de la planta a diseñar, se ha tenido que aprender a manejar el software de diseño de tuberías PDMS, y para ello, se han utilizado videos tutoriales del uso del programa, tanto la parte de diseño como para la parte de creación y generación de planos de nuestra planta.

Para la realización de las listas de verificación, se ha revisado bibliografía de diseño de tuberías de donde se han extraído las reglas generales de diseño a cumplir en una instalación de tuberías, así como la especificación de diseño cedida por la ingeniería 1 para un mayor conocimiento de las “reglas” a cumplir en el diseño de este tipo de plantas.

2. Creación de listas de verificación

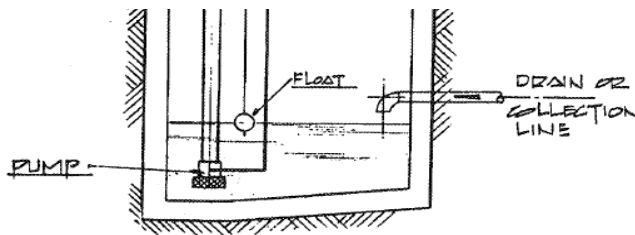
Para la creación de las listas de verificación a seguir y cumplimentar por parte del diseñador a la hora de verificar el correcto diseño de la instalación, se ha tenido que recoger y revisar gran cantidad de bibliografía relacionada con el diseño de instalaciones de tuberías. En este apartado de la memoria se citaran y comentaran las fuentes más importantes de esta bibliografía de las que versan las reglas de diseño expuestas en las listas de verificación creadas.

2.1 Process Plant Layout and Piping Design

Autor	Ed Bausbacher and Roger Hunt
Editorial	Prentice Hall
Fecha publicación	1993
Número de páginas	460
Disponibilidad	A la venta en librerías

Este libro [2] está destinado a ingenieros mecánicos y químicos, y empresas destinadas a la construcción de instalaciones de transporte de fluidos. En él se tratan tanto los procesos como el diseño de la planta, las tuberías y la construcción aparte de exponer reglas generales para dicha construcción, base de las listas de verificación.

Se trata de un libro muy completo y que a pesar de su extensión, no es complicada su lectura ya que contiene gran cantidad de ilustraciones y explicaciones visuales de las ideas tratadas, por lo que se ha podido extraer de este libro información de valor para el trabajo.



valve). Adequate access must be planned to the pump and drive, which may be removed for maintenance.

Locating Boiler Feed Pumps

Because boiler feed pumps take water from a deaerator and generally operate close to the vapor pressure of the liquid, they must be located as close to the deaerator as possible.

Locating Vertical Pumps

Vertical pumps are used when NPSH requirements make using horizontal pumps impractical. Exhibit 8-9

shows a typical condensate pump that is located adjacent to the surface condenser it serves.

Exhibit 8-10 depicts a sump pump that is generally used to remove waste material collected in a concrete or steel pit. A screen at the bottom of the pump suction connection reduces the possibility that the pump will foul during operation. The discharge connection may be piped to another holding vessel, a pond, or a waste-removal vehicle.

Centrifugal pumps in vacuum service are shown in Exhibit 8-11. Because the system operates at a negative pressure and extremely high temperatures, the location of these pumps must be either directly under the tower or just outside the support columns. When the

2.2 Piping and Pipeline Engineering

Autor	George A. Antaki
Editorial	Marcel Dekker
Fecha publicación	2003
Número de páginas	555
Disponibilidad	A la venta en librerías

Este libro [3] está más orientado a la parte del diseño, trazado, construcción, mantenimiento y reparación de las tuberías que puedan existir en instalaciones de transporte de fluidos. El libro incluye códigos y normas, análisis de diseño, soldaduras e inspección y mecanismos de aptitud en servicio y análisis de fallos.

Uno de los inconvenientes de este tipo de libro es su extensión, ya que se convierte en un texto denso y difícil de leer debido a que abarca la mayoría de los temas que se pueden tratar relacionados con el transporte de fluidos y hay que tener una idea clara de la parte que se busca y quiere revisar.

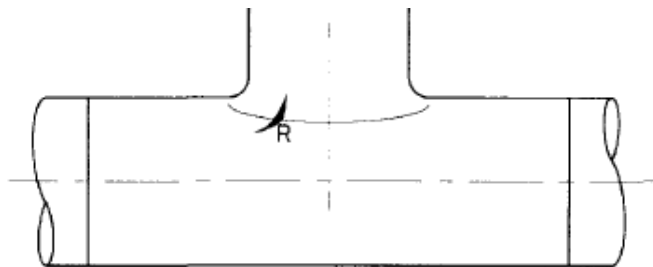


Figure 4-4 Burst of 90° Intersection at R [Sang]

So far, the header-branch intersection was at right angle. The burst pressure of branch intersections at an angle other than 90° has also been studied by the Pressure Vessel Research Council, New York. In a recent series of experiments, two carbon steel vessels, one with a 90° nozzle, which we will call “vessel 1” and the other, “vessel 2”, with a 30° nozzle, were burst tested and analyzed to study their failure mode [Sang]. The rupture of vessel 1 was perpendicular to the nozzle weld, close to the longitudinal plane, Figure 4-4. The rupture of vessel 2 was along the nozzle weld, as indicated by the rupture line “R” in Figure 4-5 [Sang].

The pressure stresses of large branch connections, when the branch diameter d is $1/3$ or more of the header diameter D , has also been the subject of several tests and analyses. A correlation was developed for calculating pressure stresses in large d/D branch connections and nozzles for $0.333 \leq d/D \leq 1.0$, and $20 \leq D/T \leq 250$, and $0.333 \leq t/T \leq 3.0$ [Widera].

2.3 Curso de tuberías Betta

Autor	Desconocido
Editorial	Una Ingeniería
Fecha publicación	Desconocido
Número de páginas	270
Disponibilidad	Privada

Este texto [4] es de lo poco que se puede encontrar sobre tuberías en español, es un curso muy completo en el que se tratan muchos temas sobre el diseño de instalaciones de transporte de fluidos ya que aparte de tratar tuberías y temas relacionados con estas como puede ser el trazado, la instrumentación, la dilatación y flexibilidad de tuberías o el aislamiento y soportes, también tiene capítulos que se centran en las generalidades a la hora de comprender planos, el proceso y sus diagramas y la simbología, o los aspectos más importantes relacionados con los equipos más frecuentes en instalaciones de este tipo.

El curso betta se trata de un documento muy completo y fácil de leer y entender, el único problema o inconveniente radica en que se trata de un texto antiguo con los problemas de desactualización que ello conlleva al modernizarse procesos, materiales, etc.

-1

BETTA

DATOS BASICOS PARA TRAZADO DE TUBERIAS

1.- GENERAL

Para la buena interpretación de un plano, además de los símbolos ya indicados en anteriores capítulos, se deberán tener en cuenta los signos convencionales indicados en la fig. 1.

Todos los elementos integrantes de un sistema de tuberías tales como tubos, accesorios, válvulas, etc., se representan en los planos de trazado mediante unos símbolos los cuales vienen indicados en las figuras 2 y 3.

Para el correcto trazado de un sistema de tuberías se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Todo el sistema de tuberías de una área de proceso vendrá representada en planos con vistas de planta y alzado. Para casos especiales (p.e.: de existir una maqueta a escala) solamente será preciso la representación vista en planta.

2.4 Mobil Engineering Guide - Piping General Design

Capítulo	Piping General Design
Editorial, Autor	Mobil Engineering
Fecha publicación	1993
Número de páginas	17
Disponibilidad	Disponible en internet

Este capítulo de la guía de Mobil engineering [5] trata sobre las generalidades más importantes a la hora de diseñar un trazado de tuberías como son presiones y temperaturas de trabajo, espesores, y todo tipo de instrumentación y conexiones de tuberías. En él se comentan también las normas y códigos y las características a tener en cuenta según cuál de estas normas se vaya a seguir.

Uno de los aspectos importantes de esta guía, es que nos da una visión más práctica del diseño de tuberías, ya que aun siendo un texto teórico, siendo la fuente una empresa real podemos ver que muchas de las reglas o coincidencias con la bibliografía ya revisada se exponen también para la industria real ya existente.

MOBIL ENGINEERING GUIDE

NOVEMBER 1993

PAGE 3 OF 17

EGE 16-B-1 — 1993

4.1.6 Thermal relief valves shall be used to protect offsite piping when it can be blocked in and overpressured by solar heat. Consideration should also be given to relieving any possible excessive pressure in a blocked-in section of piping on a process unit, particularly in systems with Class 150 flanges. Typical causes of pressure rises are solar radiation and heat exchanger lines that are blocked.

4.1.7 Offsite piping containing liquefied gases (propane, butane, ammonia, and similar products) should have a design pressure equal to the pressure rating of the flanges in the system. This will permit setting the thermal relief valves sufficiently high to minimize vaporization of line contents.

4.1.8 Piping downstream of equipment, such as heat exchangers and control valves, shall not be designed for the lower pressure resulting from pressure drop through the equipment if the pressure can increase because of downstream fouling or inadvertent closing of a valve. Valves that are locked or sealed open during operation and closed only for maintenance need not be considered.

4.2 Determination of Wall Thickness

4.2.1 The thickness of pipe and other components not having specific pressure ratings shall be determined using the piping design conditions and the formulas in B31.3. The corrosion allowance (manufacturer's under-

2.5 Plant Layout and Piping Design for minimum cost systems

Autor	Rober Kern
Editorial	Hydrocarbon Process, p 119
Fecha publicación	October 1966
Número de páginas	8
Disponibilidad	Revista

Este pequeño artículo [6] trata sobre como economizar el diseño de una instalación de tuberías una vez las condiciones del proceso y los equipos están definidas. En él se exponen las prácticas sobre trazados, disposición de líneas o procesos, disposición de equipos y sus conexiones, elevaciones o repartos de cargas por los cuales el coste de la instalación se reduce.

Se trata de un documento de interés ya que como es sabido en la industria de la construcción y de la instalación de plantas de ingeniería, una de las cosas en las que se centra gran parte del esfuerzo es el ahorro de costes sin perder prestaciones por lo que el tema tratado podría tener una relevancia importante.

After process and equipment conditions are set, plant layout can be the largest single cost saver in HPI plants. Line sizes and pressure drops depend on pipe length and configuration. Use these guides to maximum piping system economy

Robert Kern, The M. W. Kellogg Co., New York

PIPING ECONOMY is closely related to three areas of plant design:

- Equipment layout
- Piping design
 - a. Line sizing and flow systems
 - b. Piping layout, and
- Piping details

These areas are interdependent; without an economical layout, economical piping and details cannot be produced.

engineer is the process flow diagram (PFD). This has to be evaluated for an economical plant arrangement. From a layout standpoint, three types of lines can be distinguished.

Main Process Flow Lines. First, lines which represent the main process flow. Such streams pass through furnaces, reactors and dryers, then they continue as tower bottom and feed inlet to the next tower, often with exchangers and pumps between them. These lines will be the shortest if towers are arranged in process flow sequence as close to each other as equipment sizes and access space permits. With smaller interconnecting lines, towers can be located further apart without much increase in piping cost if other economies can thus be realized. For example: the grouping of condensers between two towers can result in a shortening of cooling water lines; a common steam line can be designed for grouped reboilers. Grouped condensers and reflux drums will permit a common supporting structure. Figure 1 shows an example of alternative tower arrangements. Many configurations are possible and justified if shortening of these process lines is the ultimate result.

Process flow is not always a simple straight through flow but can split into two or three streams or be split

2.6 Piping Design, layout and stress analysis L-002

Libro	NORSOK Standards
Editorial	Industria petrolera noruega
Fecha publicación	1997
Número de páginas	19
Disponibilidad	Disponible en internet (públicos)

Las normas NORSOK [7] están creadas por la industria petrolera noruega para garantizar la seguridad y correcto desarrollo de la evolución y las actividades de la industria del petróleo existente y futura. El propósito de estos estándares es reemplazar las especificaciones de diseño individuales de las empresas petroleras y servir como referencia reglamentaria a las autoridades.

El capítulo revisado para este trabajo ha sido el L-002 que contiene la parte de diseño de tuberías y análisis de estrés, aunque este último no se analiza en dicho trabajo. El capítulo está centrado en la normativa y las referencias a seguir en instalaciones de tuberías, en el diseño y disposición tanto de equipos como de líneas de tuberías y toda la instrumentación y sistemas a implantar en una instalación de transporte de fluidos, y en el análisis de estrés de dichas instalaciones.

Piping design, layout and stress analysis

L-002

Rev. 2. September 1997

4.6.4 Relief valves.

For relief valves, see clause 4.9.4.

4.7 Vents, drains and sample connections

4.7.1 General

Vents and drains exclusively used for hydrostatic pressure testing shall be provided if those showed on the P&ID's are not sufficient/suitable.

4.7.2 Vents and drains for operational use

Operational vents and drains shall be designed according to L-003.

Sloped drain lines shall be run to the nearest deck drain, avoiding walking areas. Open drains shall be valved and located such that discharge may be observed. Open pipe ends shall extend well into tundishes to avoid spillage.

Supports from any fixed structure components shall be avoided.

4.7.3 Vents and drains for hydrostatic pressure testing

High point vents and low point drains shall be designed according to L-003.

2.7 PIP (Process Industry Practices)

Esta organización es un consorcio de empresas propietarias y contratistas que trabajan conjuntamente para unificar los estándares internos de diseño, aprovisionamiento y construcción, y crear así unas prácticas empresariales que se extiendan a la industria de procesos, a la industria papelera, a la industria farmacéutica y energética.

Existen estándares [8] de múltiples disciplinas en las que están incluidas también referentes a los diagramas de tuberías y de procesos y otro en el que se atienden las cuestiones de materiales e instrumentación de tuberías, con lo que el inconveniente que se ha encontrado para estos estándares y la relación con este trabajo es que no contiene aspectos de diseño de tuberías.

4.2.1.3 Each P&ID shall be laid out to avoid clutter and allow future modification. No more than three pieces of major equipment shall be shown on a P&ID. A set of pumps in the same service shall be one piece of equipment for the purpose of a P&ID layout in accordance with Appendix C.

4.2.1.4 Flow Orientation

1. Primary flow shall be shown on each P&ID from left to right.
2. Flow-through equipment shall be shown relative to actual arrangement (e.g., cooling water supply in bottom of exchanger tube bundle and cooling water return out top).

4.2.1.5 Primary process lines shall be shown heavier than secondary and utility lines as described in Section 4.2.3.

4.2.1.6 Connector Symbols

1. Off-page and off-plot connectors for primary, secondary, and instrumentation lines shall be shown entering the P&ID horizontally 0.25 inch from the left inside borderline and exiting 0.25 inch horizontally from the right inside borderline in accordance with Appendix C.
2. Utility connectors can be shown at any convenient location on the body of the P&ID.

2.8 Especificación de diseño de ingeniería multinacional

Aparte de toda la bibliografía explicada y resumida en este apartado de la memoria, ha sido de especial importancia la revisión de las especificaciones de diseño [9] cedida por parte de una ingeniería multinacional. En estas especificaciones de diseño, se ha podido comprobar que así muchas de las reglas obtenidas de la bibliografía sobre tuberías revisada coinciden o tratan de igual forma muchos de los puntos de la instalación, existen también en cada una de ellas reglas propias a la empresa y que se deben cumplir en el diseño de sus instalaciones. Se podría decir que aparte de cumplir las reglas básicas de diseño, las ingenierías o empresas dedicadas a la construcción de instalaciones de transporte de fluidos tienen prácticas “personales” por las cuales son diferenciadas.

En dicha especificación de diseño, la ingeniería sienta las bases de la forma en la que va a realizar sus trabajos en la instalación referida. En este documento se identifican las características de la instalación como especificaciones, normas y códigos seguidos, materiales a utilizar, sistema de medida utilizado, criterios sobre el trazado, distancias a respetar, todo lo referente a la totalidad de los equipos, instrumentación y obra civil a instalar, estaciones de suministro, control o seguridad.

7. PIPING DESIGN COORDINATION

The Piping Design group has the responsibility of coordinate, manage and check the information to be supplied and received from other disciplines or from other sections which are part of the piping discipline.

8. PIPING LAYOUT

8.1 GENERAL

8.1.1 All piping shall be routed according to process requirements, safety and project's specifications and the design will be done taking into account the most economical layout. At the same time, the piping layout shall be sufficient flexible to offset thermal effects in order to avoid:

- Failure caused by excessive stresses as a result of thermal expansion
- Leaks at flanged joints
- Excessive loads at equipment connection points.

8.1.2 Generally, all lines inside battery limits of process units shall be run on overhead pipe supports (pipe racks, elevated structures or T-post support) with the following exceptions:

- Drainage lines
- Fire water system lines.

3. Diseño 3D de tuberías

3.1 Introducción al diseño 3D de tuberías

Ya hace muchos años que las empresas utilizan los ordenadores para el diseño de objetos e instalaciones tanto en dos como en tres dimensiones. Las empresas pioneras, debido a su potencial económico y tecnológico fueron las aeronáuticas hasta que en la década de los 70 se introdujo ya el diseño asistido por ordenador en la industria del automóvil, pero no es hasta 1892 cuando la empresa AutoDesk crea el software de diseño 2D AutoCad.

A partir de aquí, y gracias a la evolución de la tecnología se ha llegado al punto donde el diseño asistido por ordenador es el eje principal donde se desarrolla todo el diseño de los productos actuales.

Respecto a la parte de diseño de tuberías, no sería hasta la década de los 80 cuando se crearía un software específico para esta rama, la que llevaría el nombre de Plant Design Management System (PDMS).

En la actualidad existen muchos tipos de software de diseño 3D para cualquier ámbito de ingeniería como podría ser el ejemplo de Inventor (AutoDesk), SolidWorks, Smart Plant 3D, o PDMS (AVEVA) [13] más propio del diseño de tuberías.

La elección de PDMS como herramienta para este trabajo, se ha basado en la idea de aprendizaje del diseño y comprensión de líneas de tuberías dentro de instalaciones, y este es el más adecuado para ello ya que es específico de esta rama como se ha comentado. A parte del diseño de la parte de tuberías, PDMS además permite crear la obra civil de la instalación, así como la creación de los equipos que intervienen en el proceso.

3.1.1 Cronología de diseño de una instalación en PDMS:

- Comprensión de la estructura (obra civil) a través de los planos 2D y organización de esta en niveles y subniveles para un mejor control dentro del programa.
- Diseño de la estructura, atendiendo a la jerarquía, creando las correspondientes primitivas de losa, zapatas, columnas, etc.
- Comprensión de los planos 2D de los equipos para su creación con las primitivas del programa. (Atención a las dimensiones de conexiones de los equipos).
- Posicionamiento de estos equipos dentro de la obra civil creada anteriormente.
- Estudio de las especificaciones de diseño de tuberías que vayamos a utilizar, así como la simbología utilizada para toda la instrumentación existente dentro de la instalación.
- Comprensión de los P&ID y planos 2D de todas las líneas de tuberías de la instalación, comenzando por las líneas principales de suministro a la unidad correspondiente. Dibujo

esquemático (boceto 3D) a mano alzada para la ayuda a la hora de ir dibujándolo en el modelo 3D en ordenador.

- Una vez diseñadas y creadas las líneas principales, se comienza a diseñar los ramales que van conectadas a estas líneas principales, y que normalmente las conectan con los equipos instalados.

3.2 Creación de un modelo 3D de una instalación de tuberías en PDMS

Para el modelado 3D de los planos de la instalación cedida por la ingeniería 1, ha sido necesario el aprendizaje del software de diseño de tuberías PDMS.

La primera parte antes de comenzar con el aprendizaje del manejo del software de diseño de tuberías, es la comprensión de los planos 2D y los P&ID (diagramas de tuberías e instrumentación). Este trabajo es parte fundamental ya que es la base a partir de la cual se crea una idea en tres dimensiones para poner a empezar a crear el dibujo de la instalación. Para ello se han estudiado las especificaciones de diseño aportadas por la ingeniería 1 además de las ya mencionadas reglas de diseño extraídas de la bibliografía de tuberías revisada.

El primer paso ha sido manejar los controles básicos del programa como son los menús de utilidades, creación, posicionamiento y orientación. Este programa permite crear desde cero la instalación incluyendo la obra civil y los equipos, y así ha sido como se ha hecho.

La creación de componentes para la instalación, ya sea obra civil o equipos, se realiza mediante primitivas (elementos básicos con forma de cubo, cilindro, pirámide), se da mayor importancia al diseño de la instalación que al detalle de estos componentes.

Para comenzar a dibujar y crear la instalación, dividimos esta en las tres zonas mencionadas, zona de tuberías, zona de equipos y zona de obra civil comenzando a dibujar esta última la primera. La correcta organización de esta jerarquía resulta de gran importancia ya que una vez haya un elevado número de componentes, la búsqueda o modificación de alguna característica de uno en concreto resulta mucho más sencillo si es accesible con facilidad.

3.2.1 Creación de la sección de obra civil.

La obra civil queda dividida jerárquicamente por niveles de altura. El primer nivel que se dibuja es la losa que hará de suelo en la instalación y las zapatas para apoyar las columnas y el posicionamiento de estas teniendo como referencia las cotas del plano 2D como se ve en la Figura 1.

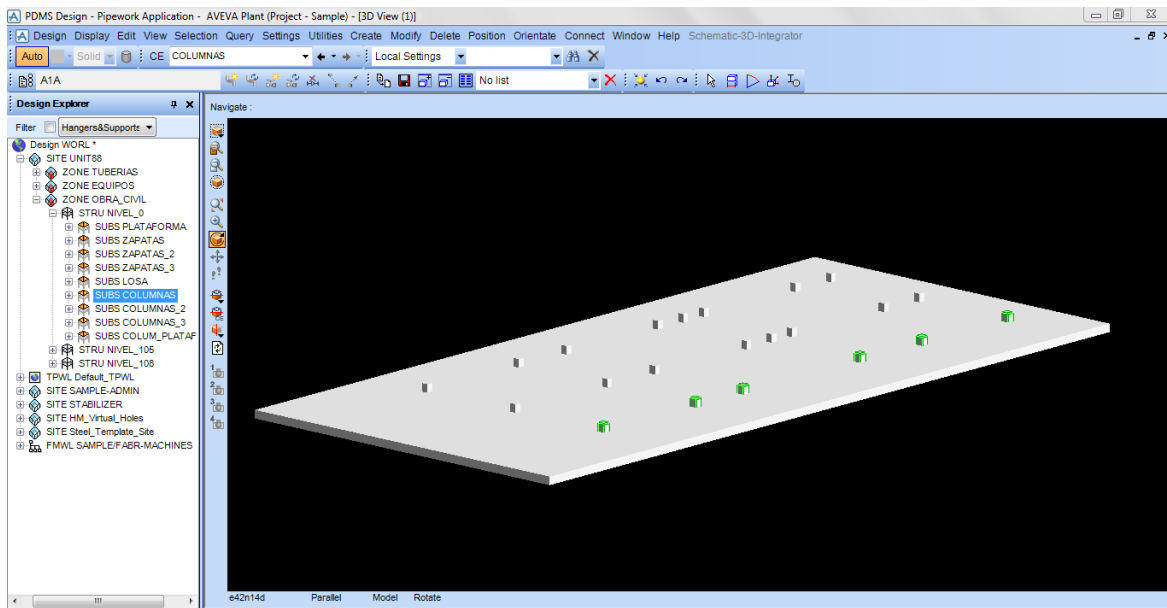


Figura 1. Creación de la losa y las zapatas.

Una vez colocadas las zapatas en la losa se crean las columnas con las plataformas por las transcurren líneas de la instalación, posicionándolas encima de sus correspondientes zapatas e incluyendo el hueco por el que subirá una de las líneas de la instalación, como se muestra en la figura 2.

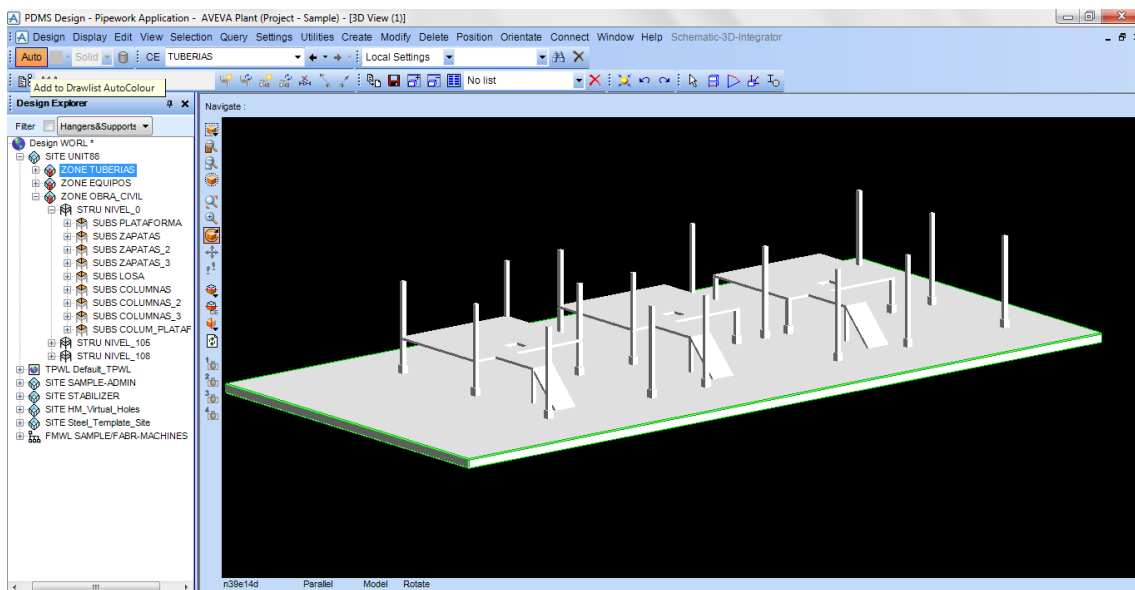


Figura 2. Creación de las plataformas y columnas del nivel 1.

Se pasa a dibujar el segundo nivel de altura dentro de la obra civil, que corresponde al entramado de columnas intermedias que harán de soporte para las líneas que transcurran a esa altura, para el posicionamiento, utilizamos las cotas del nivel inferior ya que de ese modo queda asegurada la correcta posición de todas las columnas. Esto se muestra en la Figura 3.

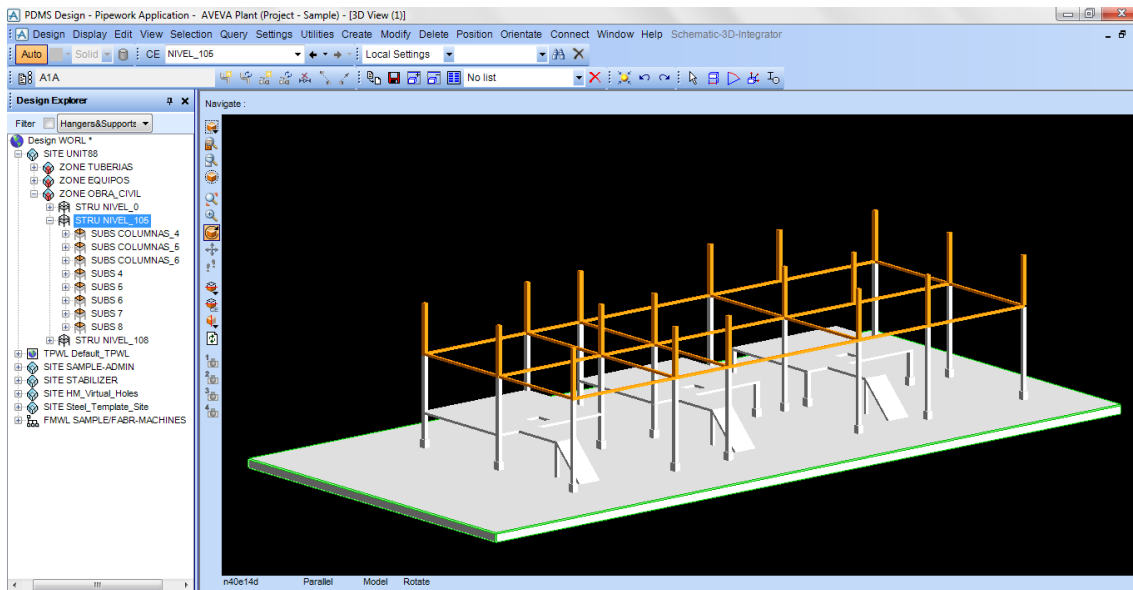


Figura 3. Creación de las columnas del segundo nivel.

Y para acabar la obra civil se crea la plataforma superior donde irán colocados los intercambiadores, con sus respectivos huecos para las líneas que llegan a estos desde los niveles inferiores de la instalación y la estructura que soportara las líneas que conexian al intercambiador en la parte superior.

La obra civil de la instalación por tanto queda mostrada en la figura 4.

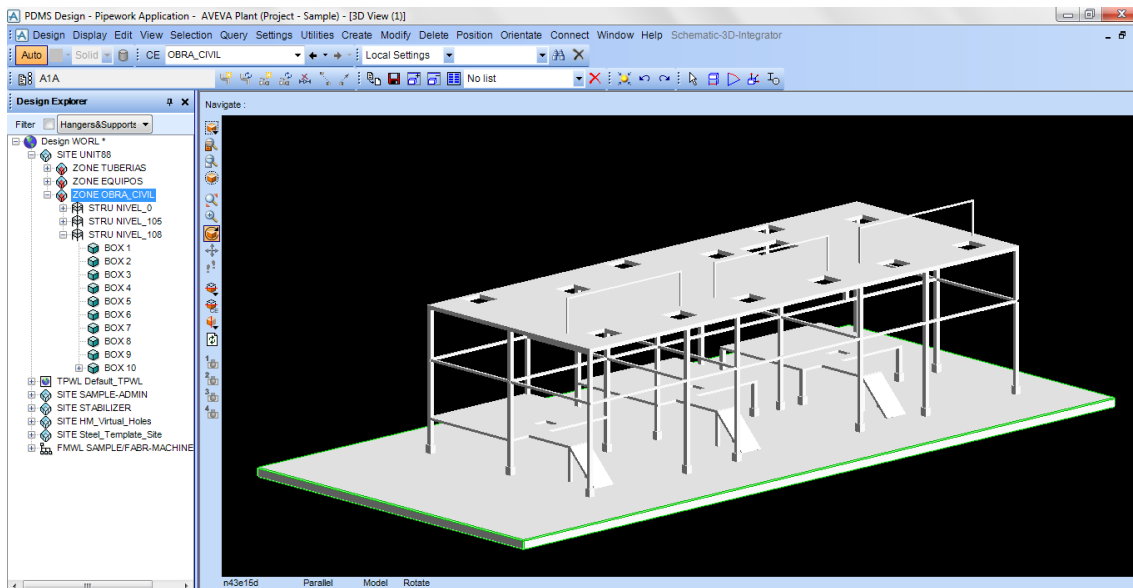


Figura 4. Creación de la plataforma del nivel superior con huecos y soportes.

3.2.2 Creación de la sección de los equipos

Una vez hemos acabado con la zona de obra civil se pasa a la creación de los equipos, que en este caso la instalación cuenta con 3 bombas, 3 intercambiadores de calor, y dos equipos de suministro y salida de fluido.

A partir de las primitivas mencionadas anteriormente, se crea una bomba de la cual se harán dos copias y un intercambiador para proceder de la misma forma. En la figura 5 se muestra una de las bombas y uno de los intercambiadores creados para la instalación.

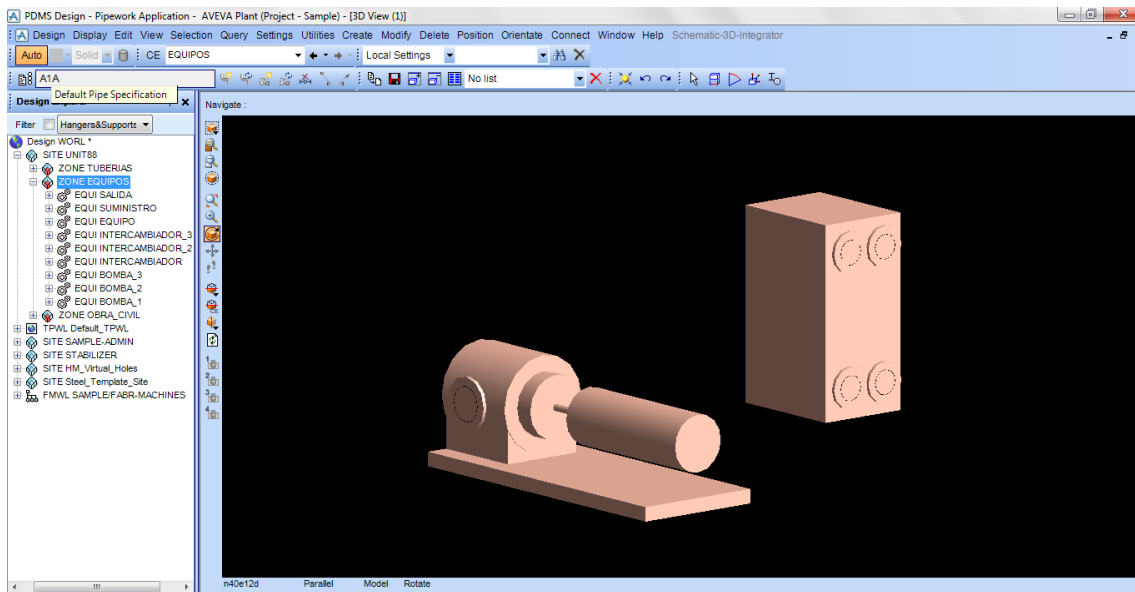


Figura 5. Creación de las bombas e intercambiadores de la instalación.

De nuevo creamos y posicionamos los equipos en la instalación a partir de los planos cedidos por la ingeniería 1. En la Figura 6 se muestra ya la obra civil con todos los equipos posicionados y orientados correctamente.

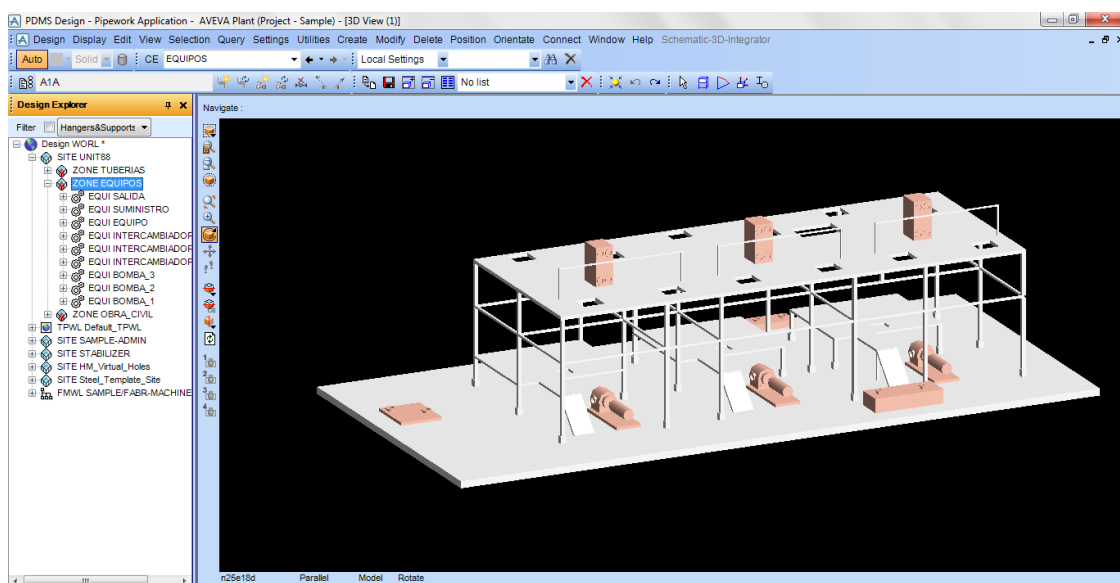


Figura 6. Posicionamiento de los equipos.

3.2.3 Creación de la sección de tuberías

Y por ultimo pasamos a lo principal del trabajo que es el trazado de tuberías. Se comienza dibujando las líneas principales que o vienen de otra unidad o del equipo de suministro de la unidad.

A partir de los planos 2D y apoyándose en los P&ID para poder entender con mayor claridad el trazado de líneas se procederá a su dibujo de la misma forma que la obra civil, empezando por las líneas principales situadas en los niveles inferiores de la instalación y prosiguiendo con el dibujo con las líneas principales de los niveles superiores. En la Figura 7 se muestran las líneas principales del nivel inferior. En la Figura 8 se muestran las líneas principales del segundo nivel de altura.

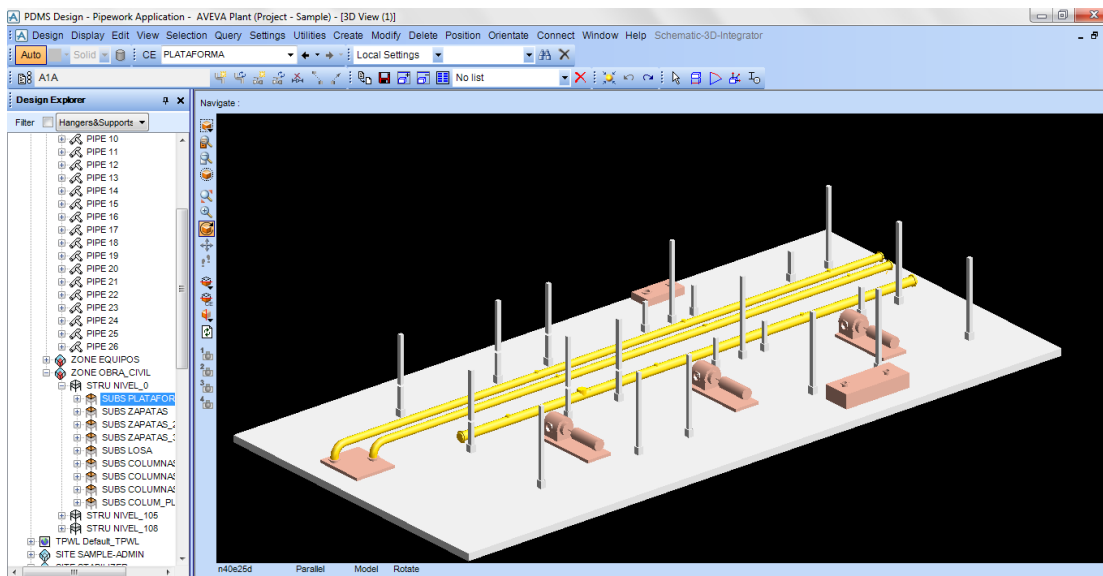


Figura 7. Creación de las líneas principales del primer nivel.

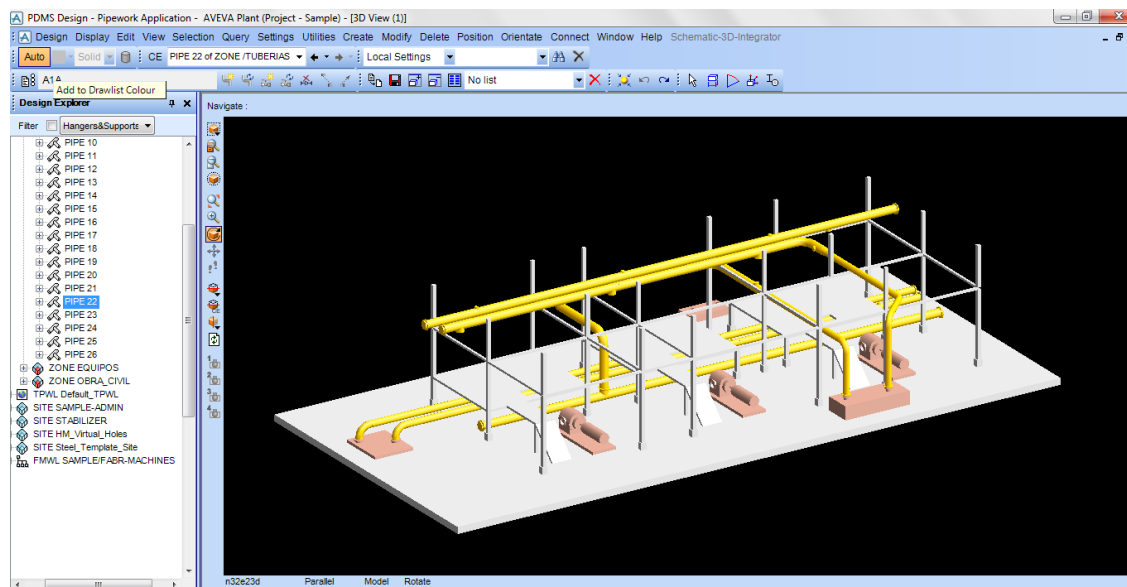


Figura 8. Creación de las líneas principales del segundo nivel y conexiones con el primer nivel.

En la Figura 9, se muestra la vista desde la parte posterior de la instalación, del trazado de las líneas principales.

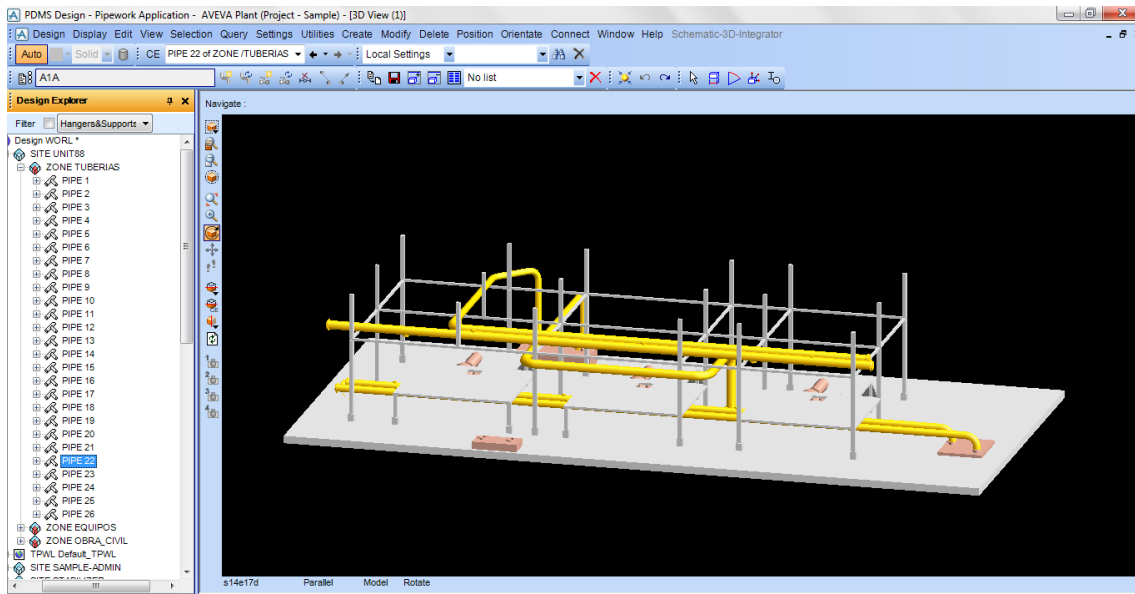


Figura 9. Vista posterior de las líneas principales de la instalación.

Una vez dibujadas las líneas principales, pasamos a dibujar las líneas secundarias con todos sus componentes y las debidas conexiones a los equipos ya colocados debidamente.

En la Figura 10, se muestran las líneas de aspiración e impulsión de las bombas así como algunas de las conexiones de líneas a las principales de suministro y salida.

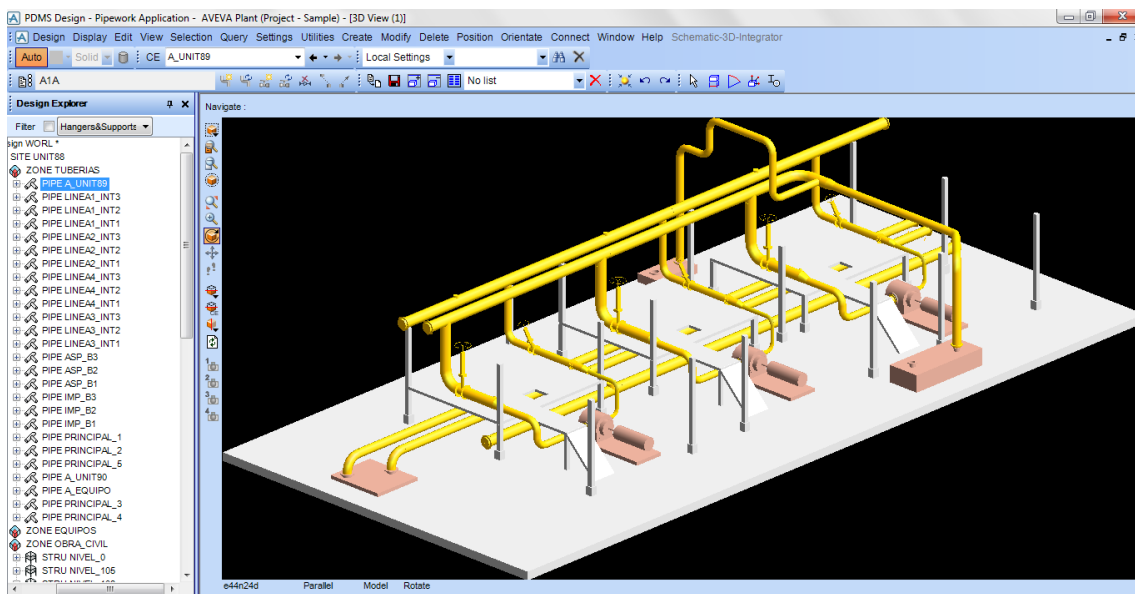


Figura 10. Creación de las líneas de aspiración e impulsión de las bombas.

En la Figura 11 muestra una vista más cercana de las conexiones de las líneas de aspiración e impulsión de las bombas.

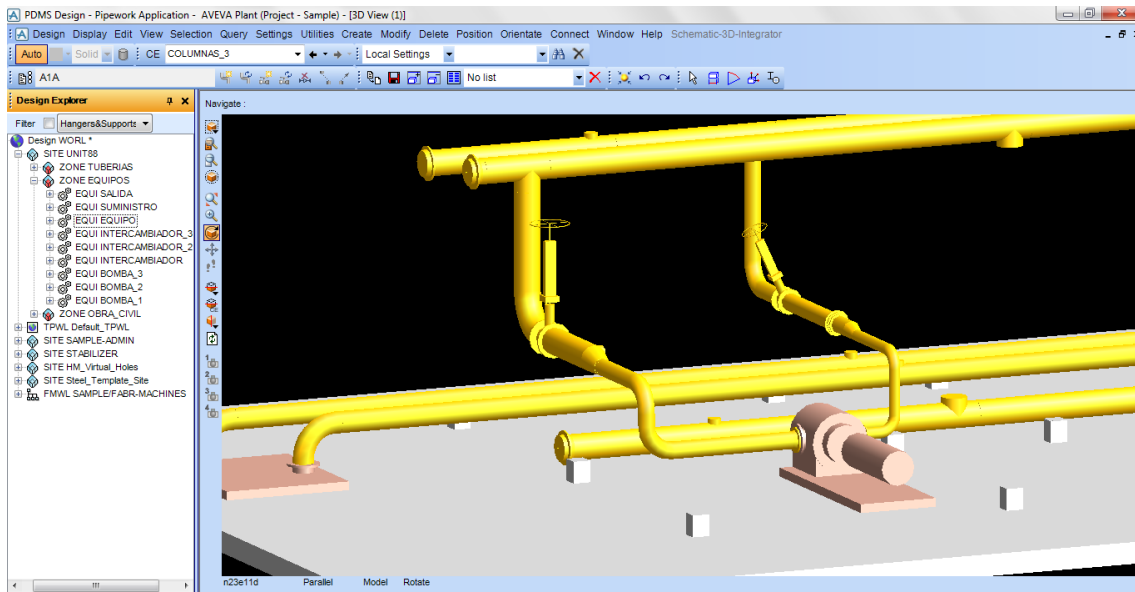


Figura 11. Vista cercana líneas aspiración e impulsión de las bombas.

El ultimo nivel a dibujar, el superior, cuenta con líneas secundarias que conexian con los intercambiadores situados en la plataforma superior. En la Figura 12 se muestran únicamente dichas líneas secundarias sin la plataforma para su mejor visión.

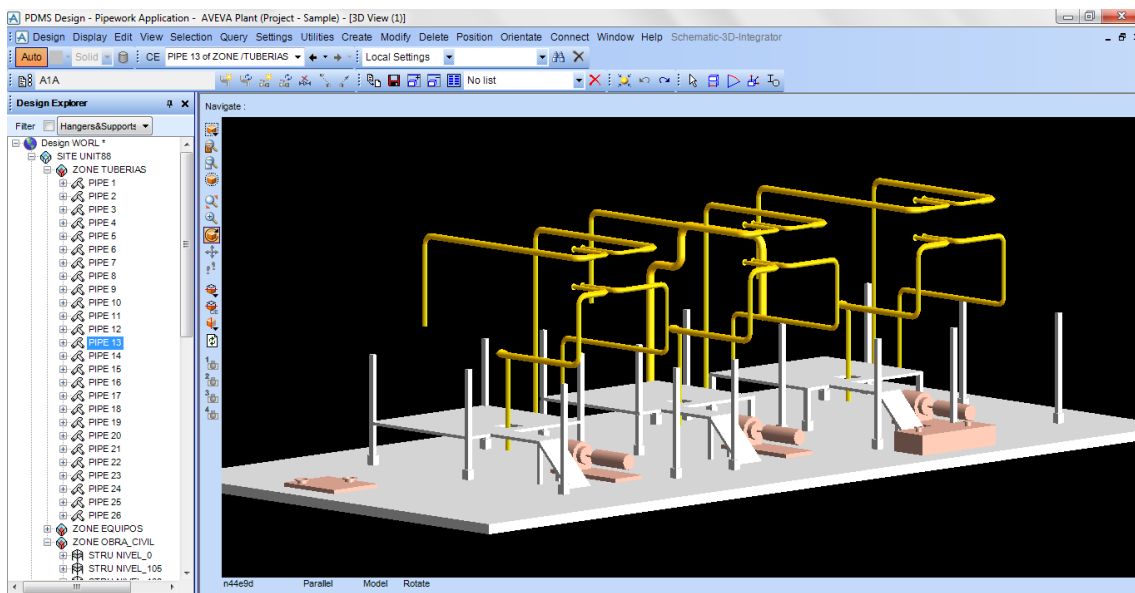


Figura 12. Creación de líneas secundarias con conexiones a los intercambiadores.

Una vez se ha terminado de dibujar y conectar las líneas secundarias a los intercambiadores, ya tenemos el trazado completo de las líneas de tuberías como se puede ver en la Figura 13 con la vista desde la parte frontal y en la Figura 14 con la vista desde la parte trasera sin la plataforma superior para su mejor visionado.

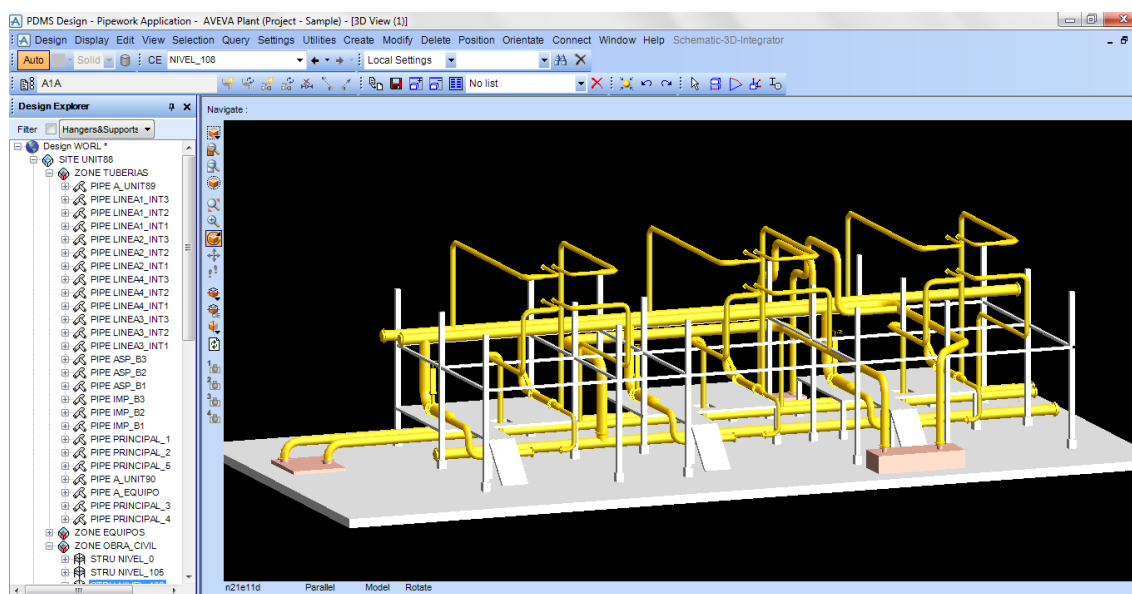


Figura 13. Vista frontal del conjunto de líneas sin el nivel superior.

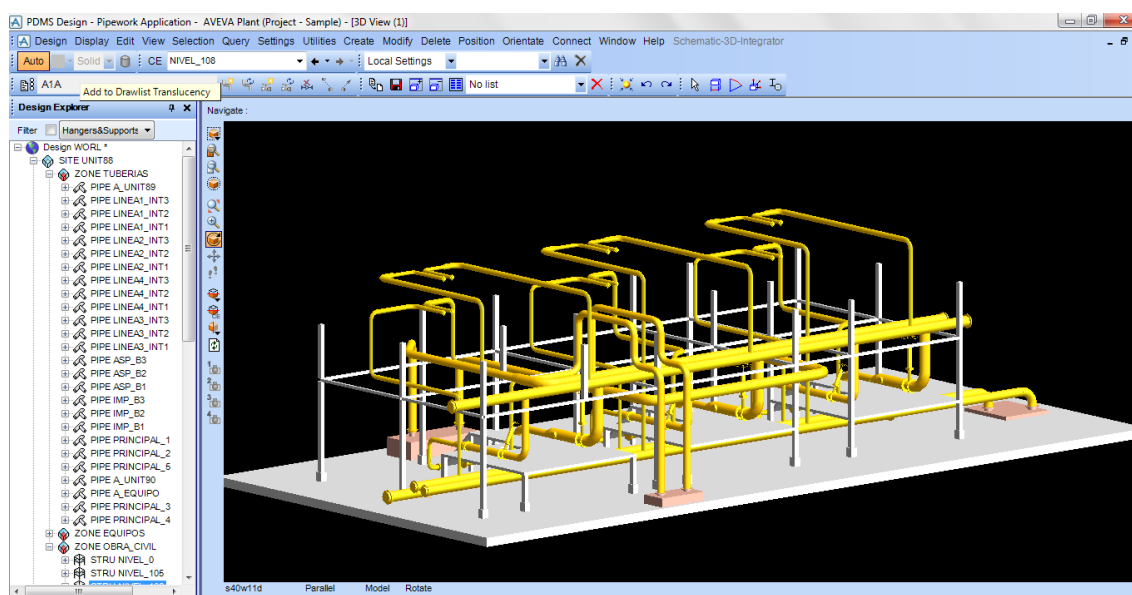


Figura 14. Vista posterior del conjunto de líneas sin el nivel superior.

3.2.4 Instalación completa

En la Figura 15 y en la Figura 16 se muestra ya la instalación en 3D completa con todos sus componentes.

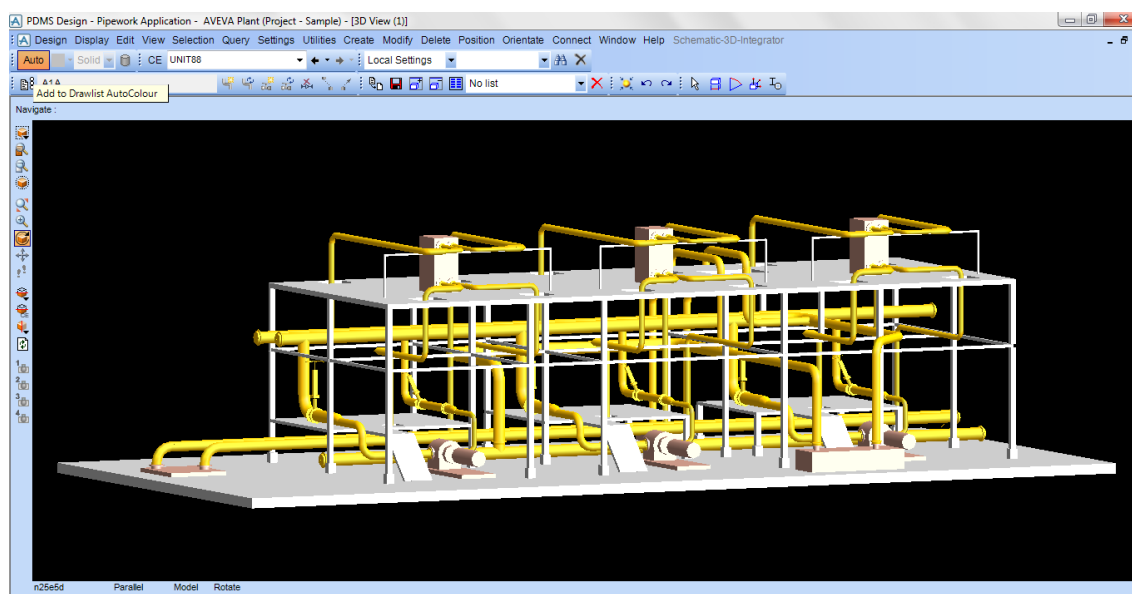


Figura 15. Vista delantera del modelo 3D completo.

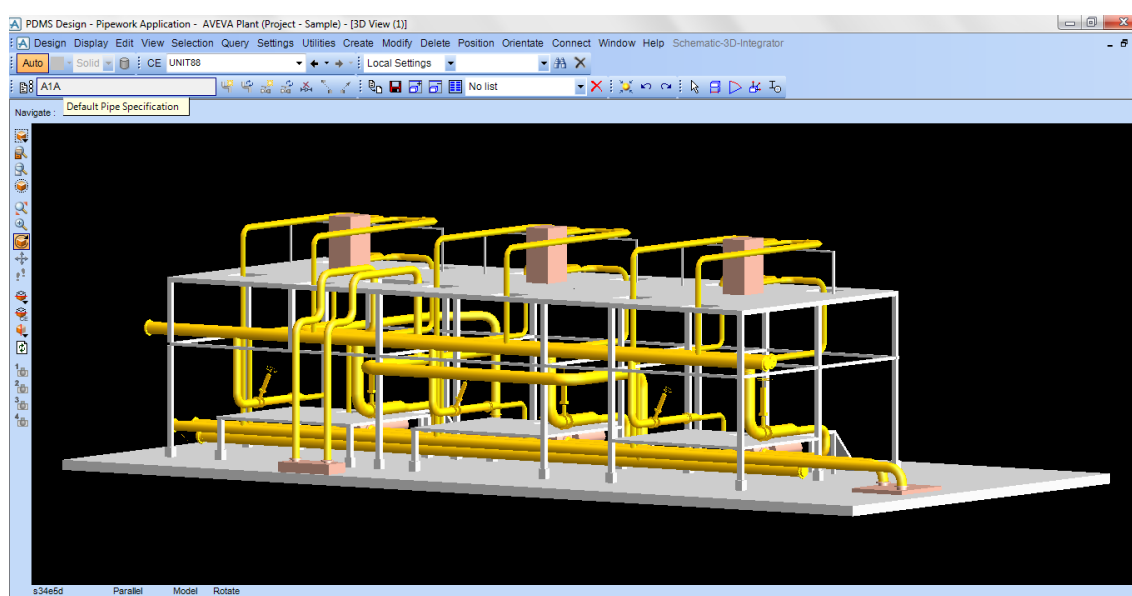


Figura 16. Vista posterior del modelo 3D completo.

4. Escenarios de entrenamiento

4.1 Interpretación de planos

4.1.1 Interpretación de planos P&IDs

Uno de los aspectos más importantes del diseño de tuberías, es la correcta interpretación de los planos de la instalación a diseñar. Antes de comenzar con la lectura de planos, una parte muy importante para su entendimiento es el conocimiento de la simbología utilizada en ellos, que tiene que ir siempre acompañando a este tipo de planos.

Debido a que este tipo de instalaciones posee gran cantidad de instrumentación resulta sencillo la confusión o la colocación de instrumentos con simbología parecida y que nos lleva a un diseño incorrecto. En la Figura 17 se muestra un ejemplo de una porción de plano P&ID.

En el caso de la instalación utilizada para este trabajo, este tema no resulta de gran dificultad ya que la zona limitada en la que se trabaja no existe gran cantidad de instrumentos con los que cometer errores, habiendo únicamente tres zonas en las que habrá que tener especial cuidado para colocar correctamente la instrumentación correspondiente:

- En la línea de aspiración de cada una de las tres bombas colocadas, se ve en el P&ID correspondiente a esa zona la colocación de un reductor concéntrico con la cara plana en la parte inferior para evitar la formación de bolsas de aire.
- En la línea de impulsión de cada una de las tres bombas, va colocado un reductor concéntrico y seguidamente dos válvulas, la primera se trataría de una válvula de retención, para evitar el contra flujo en la aspiración de la bomba y la segunda una válvula de compuerta o bloqueo para poder aislar dicha línea de impulsión.
- En las líneas de entrada y salida de los tres intercambiadores de calor colocados en el nivel superior de la planta, antes de las toberas debe ir colocada en cada una de ellas una reducción concéntrica.

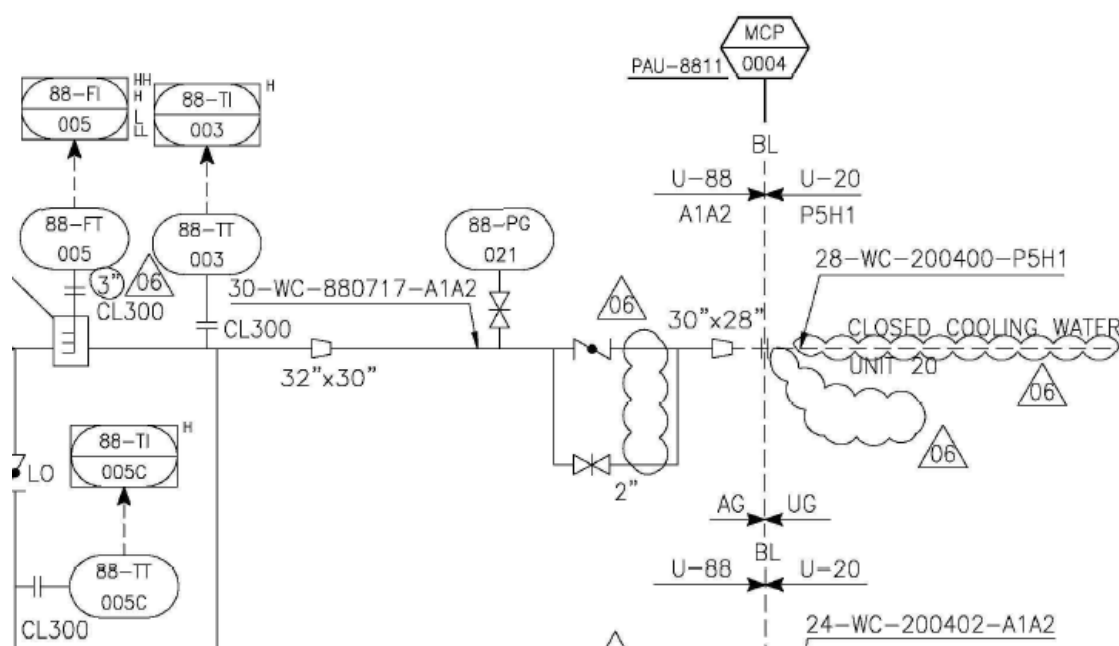


Figura 17. Ejemplo de un plano P&ID

4.1.2 Interpretación de planos 2D

Los planos 2D son planos con gran cantidad de información sobre coordenadas de equipos y obra civil, identificación de todas las líneas que se muestran en el plano así como toda la instrumentación y su identificación por lo que por ejemplo el seguimiento del trazado de líneas que tienen tramos en diferentes planos por tener diferentes elevaciones resulta algo complicado.

Para poder comprender mejor este tipo de planos, es recomendable tener un conocimiento previo del proceso, entendiendo los planos P&ID (diagramas de tuberías e instrumentación), ya que en estos planos no se muestra el trazado pero si las tuberías conectadas entre si con su identificación, y teniendo conocimiento de cuál es la simbología utilizada para el dibujo de dichos planos.

Para el entrenamiento de dicho aspecto del diseño de tuberías se ha propuesto un ejercicio para los diseñadores junior de tuberías que consistiría en el seguimiento de una línea describiendo todo su trazado e indicando coordenadas e instrumentación a lo largo de su recorrido. Esto ayudara a tener soltura a los jóvenes diseñadores a la hora de poder ver el trazado de una tubería en un plano 2D apoyándose en el P&ID correspondiente y en la simbología.

Como ejemplo para este tipo de ejercicio a continuación se describe una de las líneas de impulsión de nuestra planta del mismo modo que deberían hacerlos los diseñadores junior cuando se enfrentaran a los planos.

- Descripción de la línea de impulsión de la bomba 1 marcada en rojo en el plano P&ID y plano 2D en la Figura 18 y Figura 19 mostradas a continuación.

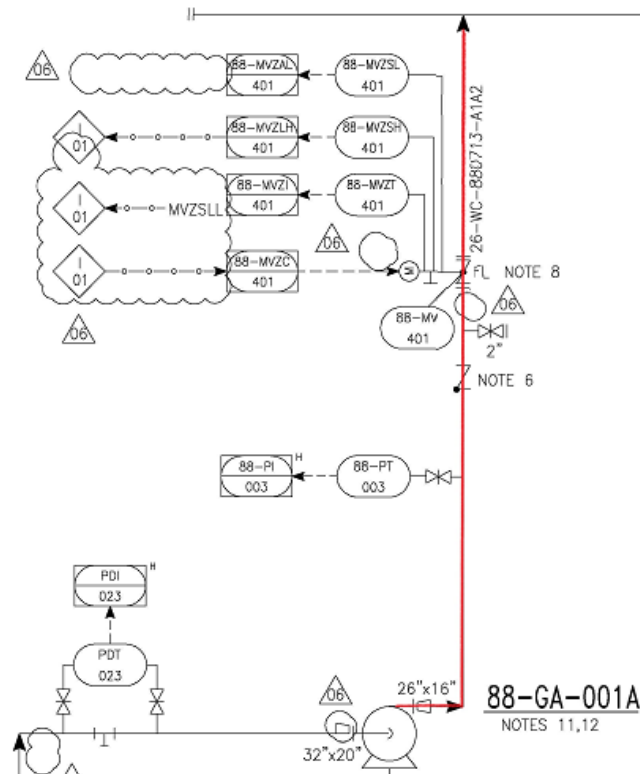


Figura 18. Línea a dibujar marcada en rojo en el plano P&ID

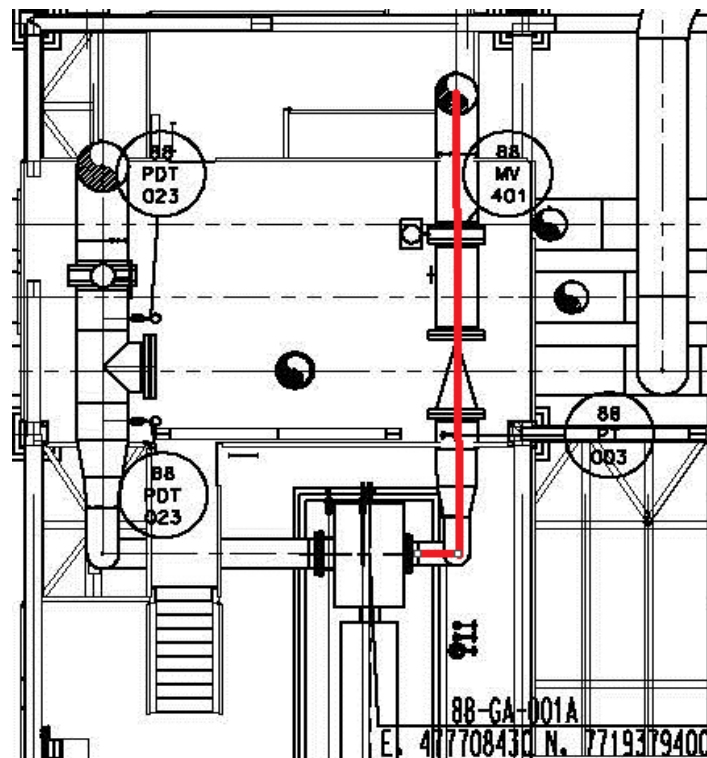


Figura 19. Línea a dibujar marcada en rojo en el plano 2D del nivel 1 (de cota 0 a 105.000)

- Descripción de la línea de impulsión de la bomba 1:

- Parte de la tobera de impulsión de la bomba 1 colocada en las coordenadas siguientes:
E: 477708430, N:7719379400
- Se coloca un tramos de tubería horizontal hacia el este de 1370 mm
- Se coloca un codo de 90° y se continúa en dirección vertical con un tramo de tubería de 1585mm.
- Se coloca un codo de 90° para continuar horizontalmente en dirección norte.
- A continuación del codo anterior, se coloca un reductor concéntrico 26"x16"
- Se continua con un tramo de tubería horizontal de 800 mm hasta llegar a la colocación de una válvula de retención en las coordenadas: E: 477708430, N: 7719381375
- Se coloca un tramo de tubería de 1400mm en dirección norte y a continuación se coloca una válvula de compuerta para poder aislar el tramo de tuberías de la impulsión.
- Continúa con un tramo horizontal de tubería de 1200mm en dirección norte.
- Se coloca un codo de 90° al final del tramo de tubería anterior para continuar en dirección vertical en las coordenadas: E: 47709800, N: 7719386968
- Se coloca el último tramo de tubería vertical de 3360mm hasta conectarlo con la línea principal 4 de la instalación. (B.O.P EL: 106401, N: 7719386968)

EJEMPLO 2: Descripción de la línea destacada en rojo en las Figuras 20, 21, 22 y 23 mostradas a continuación. (Nivel avanzado):

Para el caso de esta línea que conecta una de las principales con uno de los equipos instalados en la planta, la dificultad es mayor ya que se trata de una línea que está situada en los tres planos de niveles de altura y tiene conexión con dos equipos. Hay que tener especial cuidado a la hora de seguir la línea en el salto de un plano a otro, esto implica seguir la codificación de la línea y ver con que numero de línea conecta y la instrumentación que pueda llevar conectada.

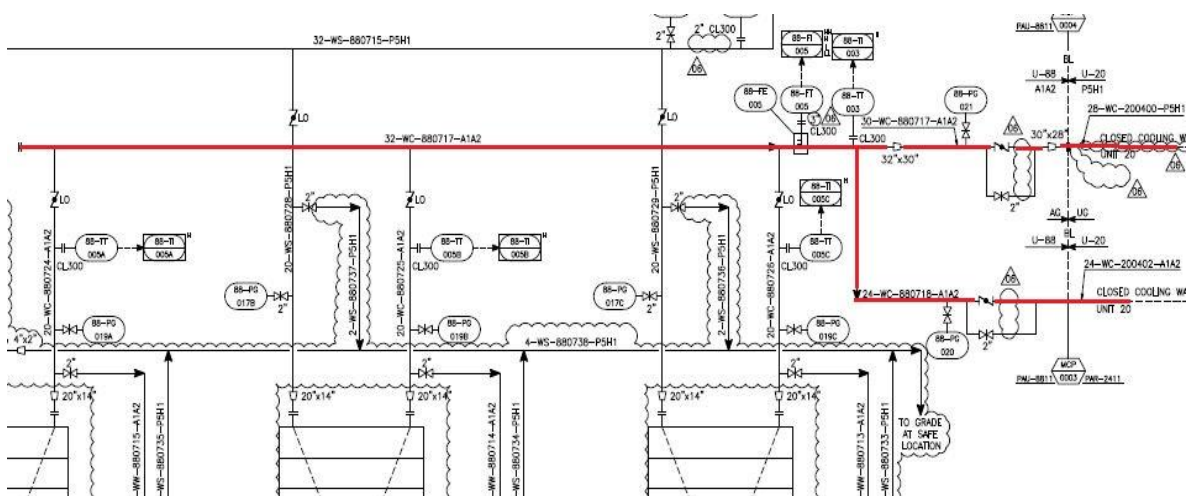


Figura 20. Línea a dibujar marcada en rojo en el plano P&ID

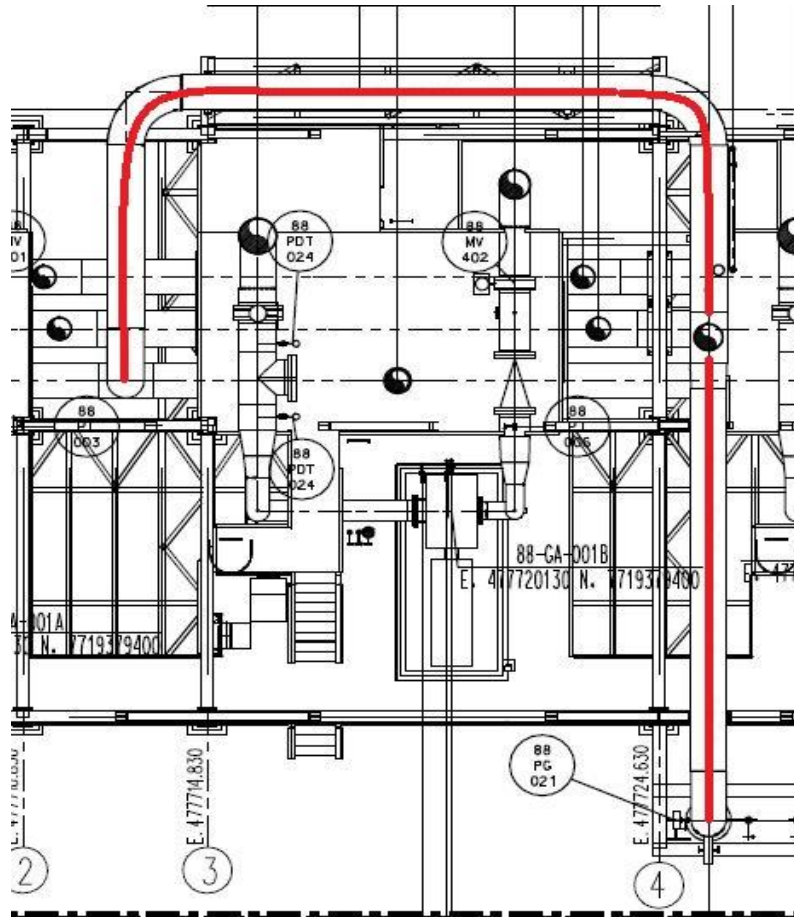


Figura 21. Línea a dibujar marcada en rojo en el plano 2D del nivel 1 (de cota 0 a 105.000)

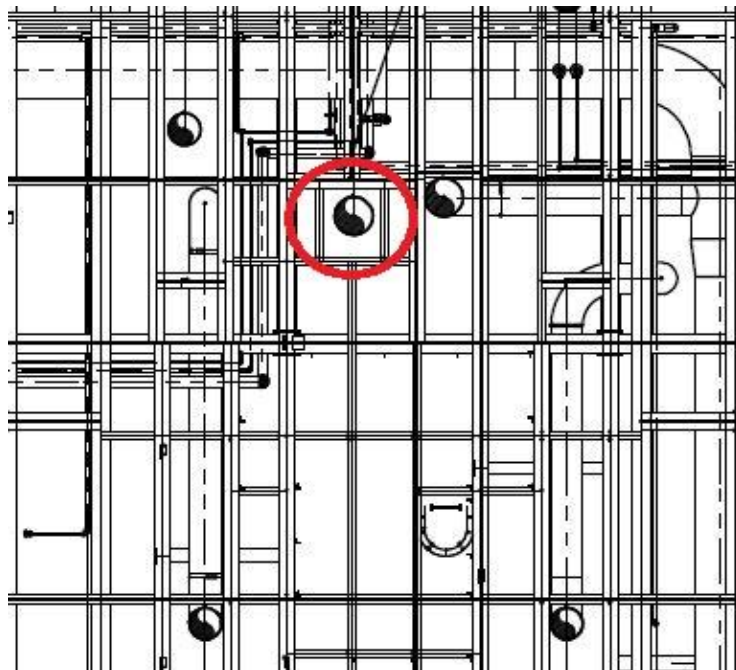


Figura 22. Línea a dibujar marcada en rojo en el plano 2D del nivel 2 (de cota 105.000 a 108.000)

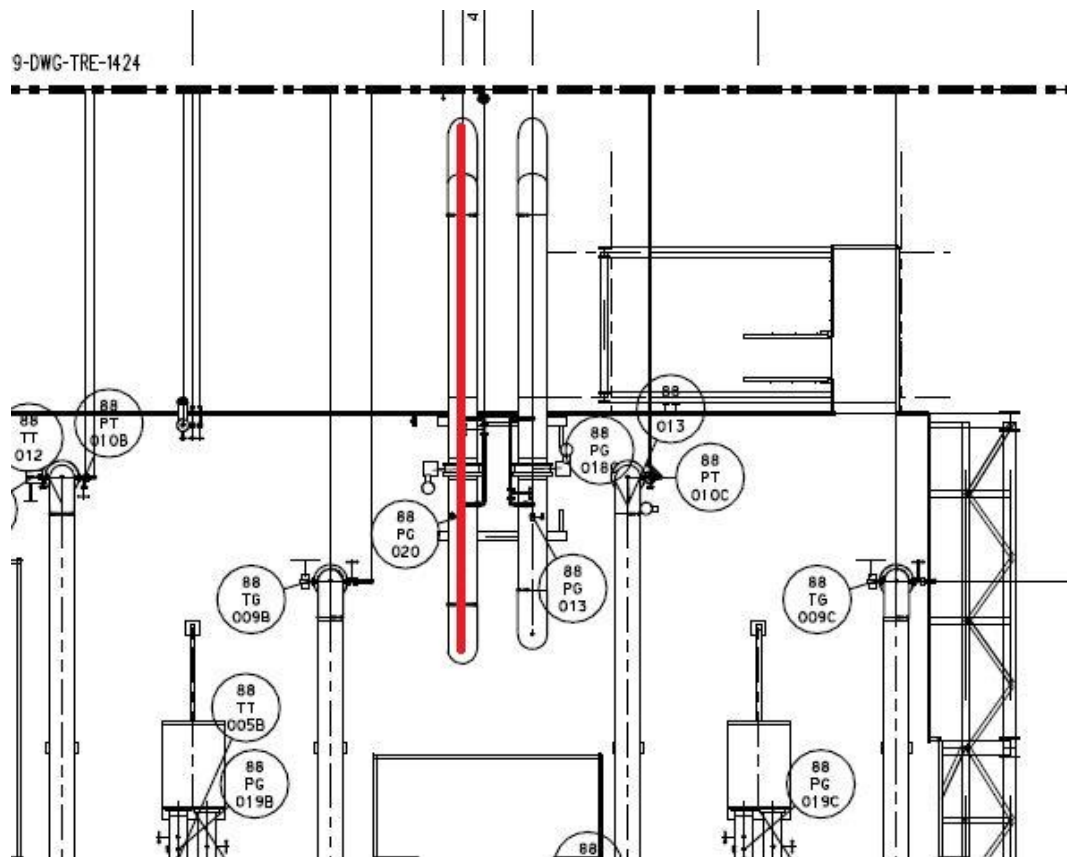


Figura 23. Línea a dibujar marcada en rojo en el plano 2D del nivel 3 (de cota 108.000 to above)

- Parte de una tee colocada en la línea principal 3 de nuestro modelo con un tramo de tubería en dirección vertical de 2765 mm
- A continuación se coloca un codo de 90° con la salida en dirección norte
- Se coloca un tramo de tubería horizontal en dirección norte de 4000 mm.
- Se coloca un codo de 90° para continuar horizontalmente en dirección este.
- Se continúa con un tramo de tubería horizontal en dirección este de 9800 mm.
- Se coloca un codo de 90° para continuar horizontalmente en dirección sur.
- Se coloca un tramo de tubería de 3700 mm en dirección sur y a continuación se coloca una tee con la salida en dirección vertical de 24" para la línea que irá al nivel superior (nivel 3)
- A continuación de la tee colocada, se pone un reductor concéntrico 32"x30".
- Se coloca un tramo horizontal de tubería en dirección sur de 8600 mm y a continuación un codo de 90° con la salida en dirección vertical hacia abajo.
- Se continúa con un tramo vertical de tubería hasta conectar con la tobera del equipo colocado en las coordenadas: E: 477725704, N: 7719372224.

Una vez acaba la línea principal continuamos con el ramal que subirá al nivel superior.

- Parte de la tee colocada en la línea principal 3 anterior con la salida de 24".
- Asciende 4940 mm hasta alcanzar la elevación correcta de la línea (B.O.P El: 108901)
- A continuación se coloca un codo de 90º con la salida en dirección norte.
- Se coloca un tramo de tubería horizontal en dirección norte de 7800 mm. en el que van situados diferentes indicadores y transmisores de características del flujo.
- A continuación se coloca un codo de 90º con la salida en dirección vertical hacia abajo seguido de un tramo de tubería vertical de 2200 mm.
- Se colocan a continuación dos codos de 90º seguidos, el primero con la salida en dirección norte y seguidamente otro con la salida en dirección vertical hacia abajo.
- Por último se conecta esta línea a la tobera del equipo de salida de nuestra planta situado en las coordenadas: E: 477725704, N: 7719395450.

4.2 Revisión de listas de verificación para la detección de errores de diseño

Como herramienta de entrenamiento para los diseñadores de tuberías junior, se ha creado un modelo idéntico al creado anteriormente basándose en los planos cedidos por la ingeniería 1, pero modificando partes del trazado para que este sea incorrecto basándonos en las listas de verificación creadas a partir de la bibliografía sobre tuberías revisada. El ejercicio consistirá en moverse a través del modelo virtual 3D, ir detectando estos fallos e ir rellenando la lista de verificación con las observaciones oportunas.

Ejemplos de fallos en la maqueta 3D:

- En referencia al punto 1 de la L.V de equipos (bombas), se modifica el trazado de las tuberías de conexión a los intercambiadores y se cambian estas, las líneas superiores que llegan desde la parte trasera de la instalación y que deberían estar conectadas a las toberas superiores del intercambiador, están conectadas en las inferiores y las líneas inferiores que suben por la parte delantera de la instalación se conectan con las toberas superiores.

En la Figura 24 se muestra el trazado incorrecto con la conexión a los intercambiadores cambiada. En la figura 25 se muestra la sección de plano 2D donde se muestran las líneas de conexión a los intercambiadores y en la Figura 26 se muestra el trazado correcto que deberías tener dichas líneas.

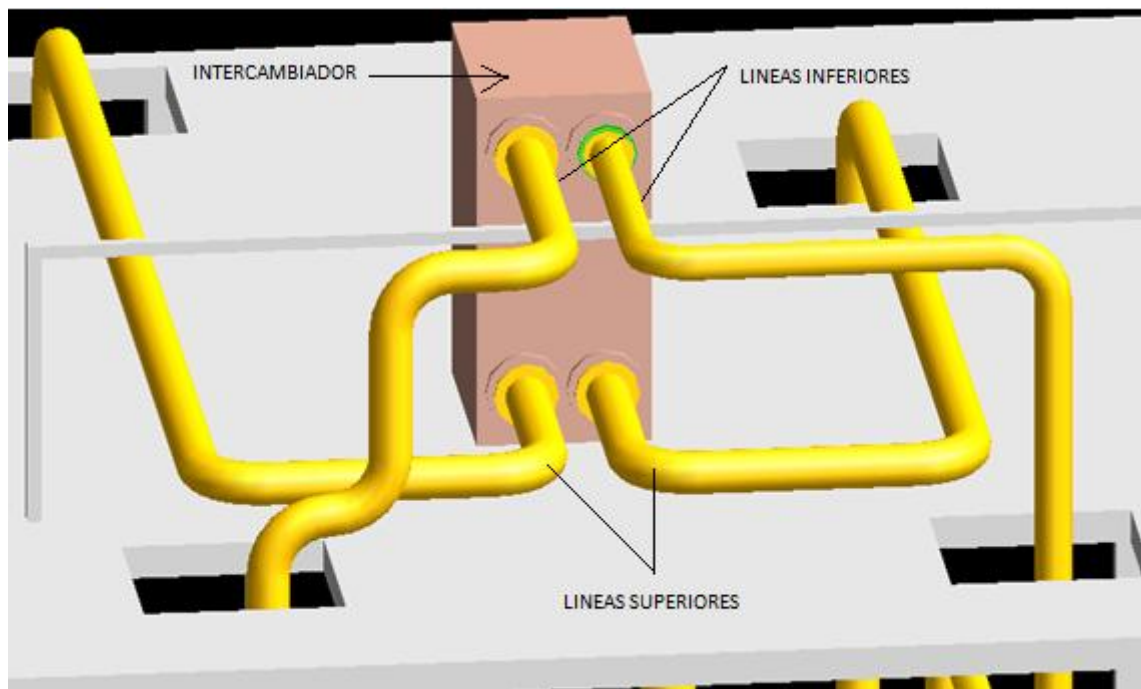


Figura 24. Trazado incorrecto de las líneas de conexión a intercambiadores

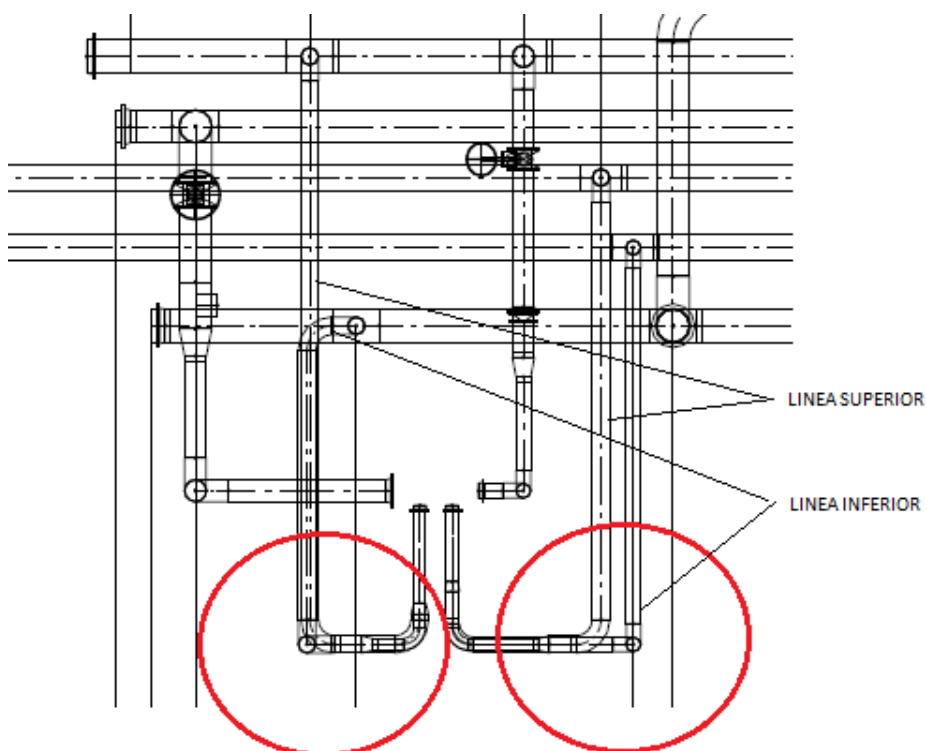


Figura 25. Líneas de conexión a intercambiadores mostradas en el plano 2D

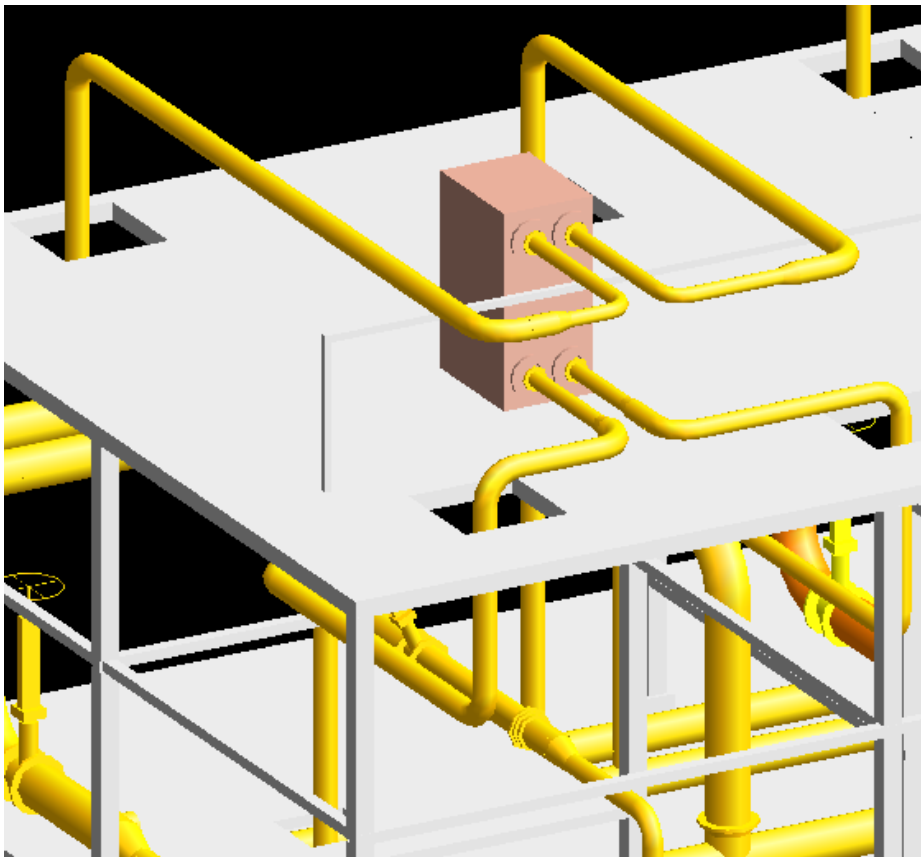


Figura 26. Trazado correcto de las líneas de conexión a intercambiadores

- En referencia al punto 3 de la L.V de bombas, la alienación de la aspiración del grupo de bombas no es la correcta. En las Figuras 27 y 28 se muestra respectivamente la alineación de la aspiración del conjunto de bombas incorrecta y la alineación correcta.

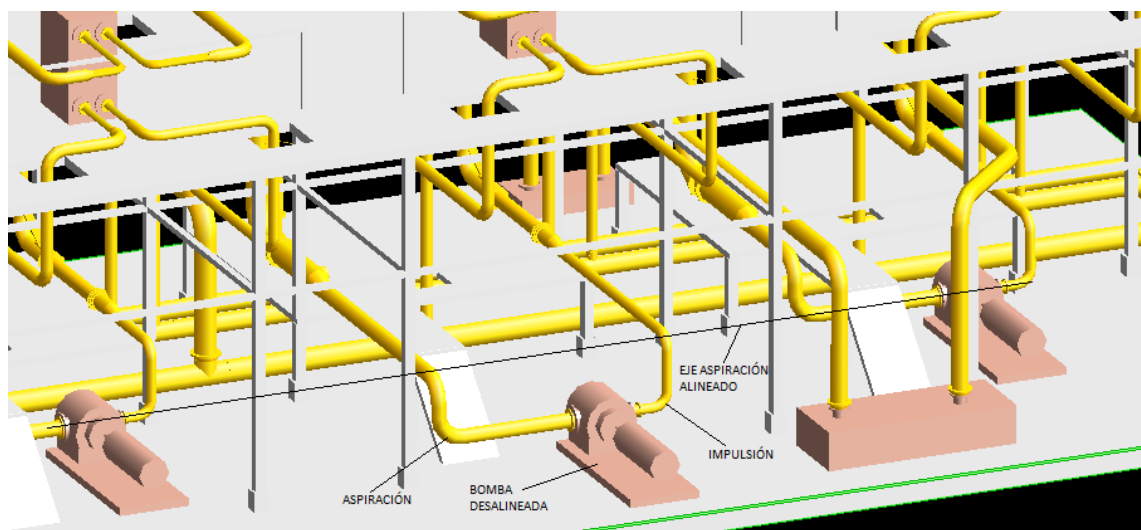


Figura 27. Alineación incorrecta de la aspiración del conjunto de bombas.

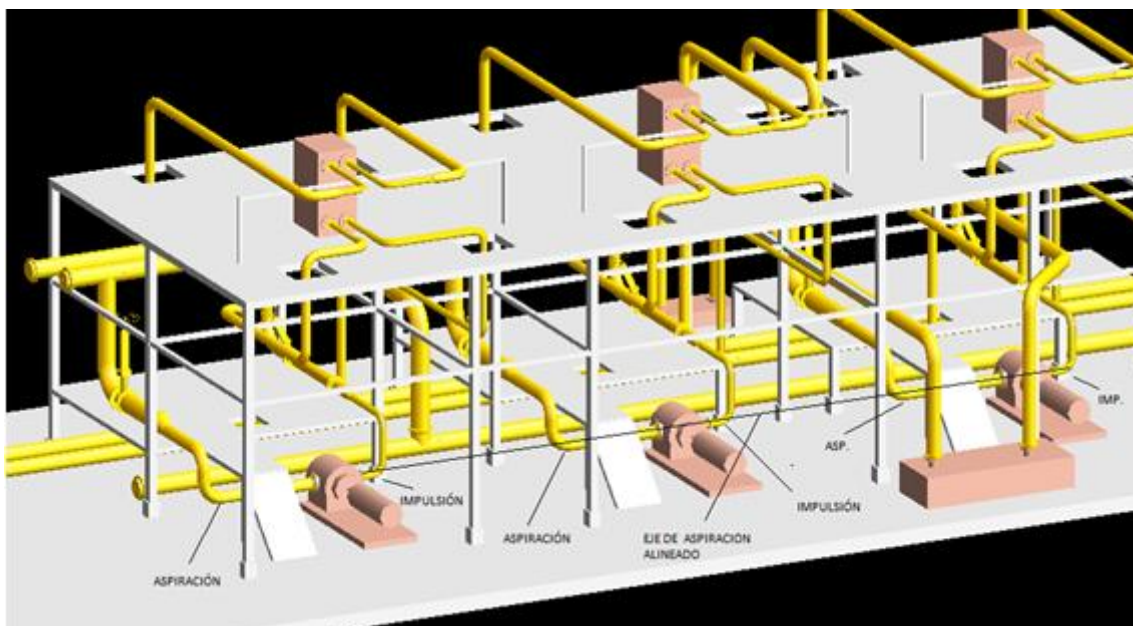


Figura 28. Alineación correcta de la aspiración del conjunto de bombas.

- En referencia al punto 4 de la L.V de bombas, se cambia el trazado de la línea de aspiración acortando el tramo horizontal de tubería que debería existir y obstruyendo el paso a la plataforma. En las Figuras 29 y 30 se muestra el trazado incorrecto de la línea de aspiración de la bomba y en la Figura 31 se muestra el trazado correcto de esta.

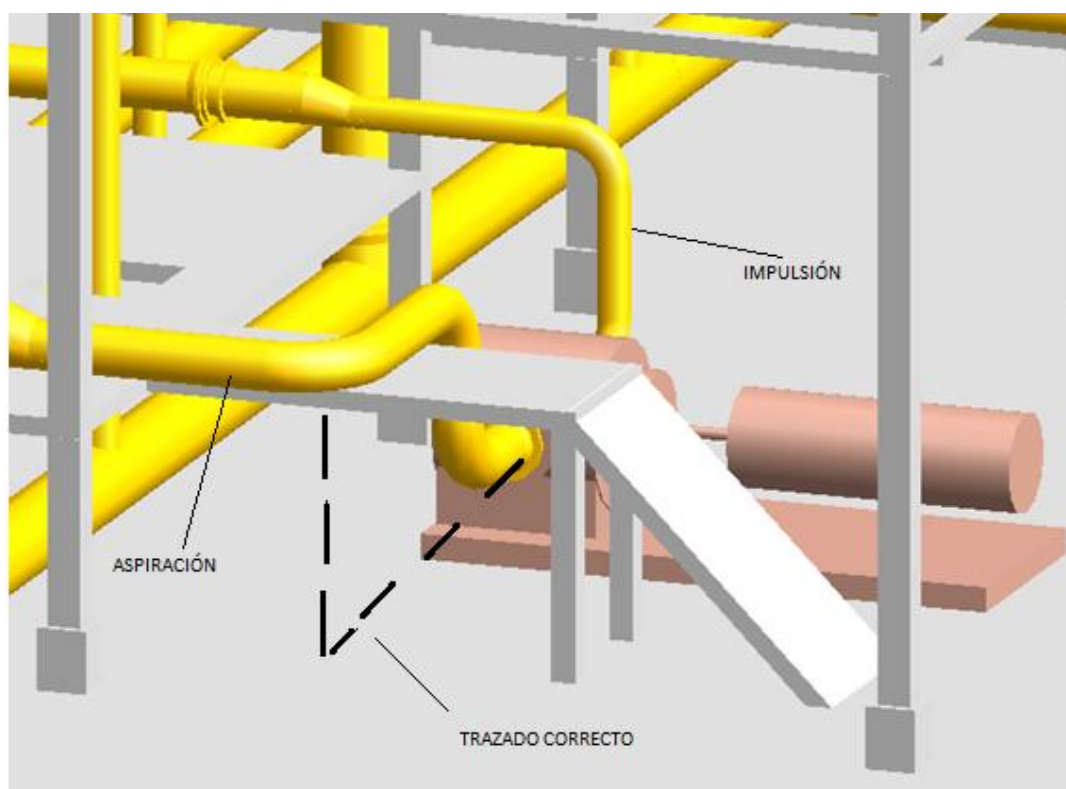


Figura 29. Trazado incorrecto de la línea de aspiración de la bomba.

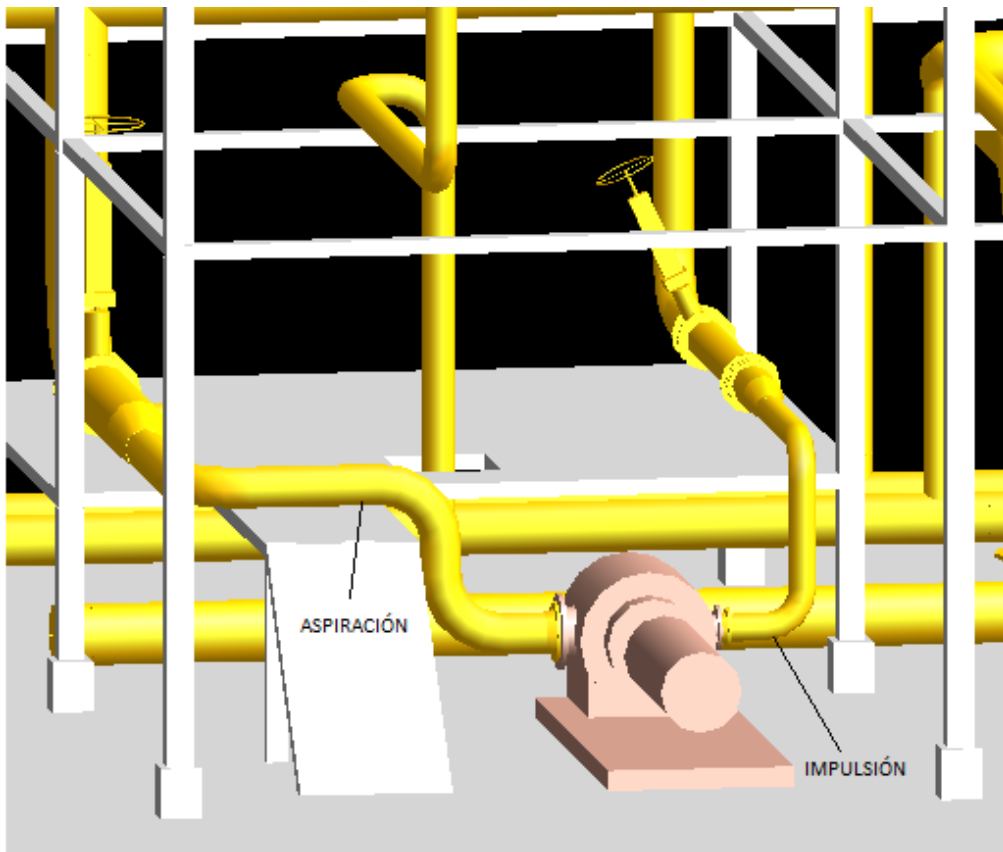


Figura 30. Trazado incorrecto de la línea de aspiración de la bomba.

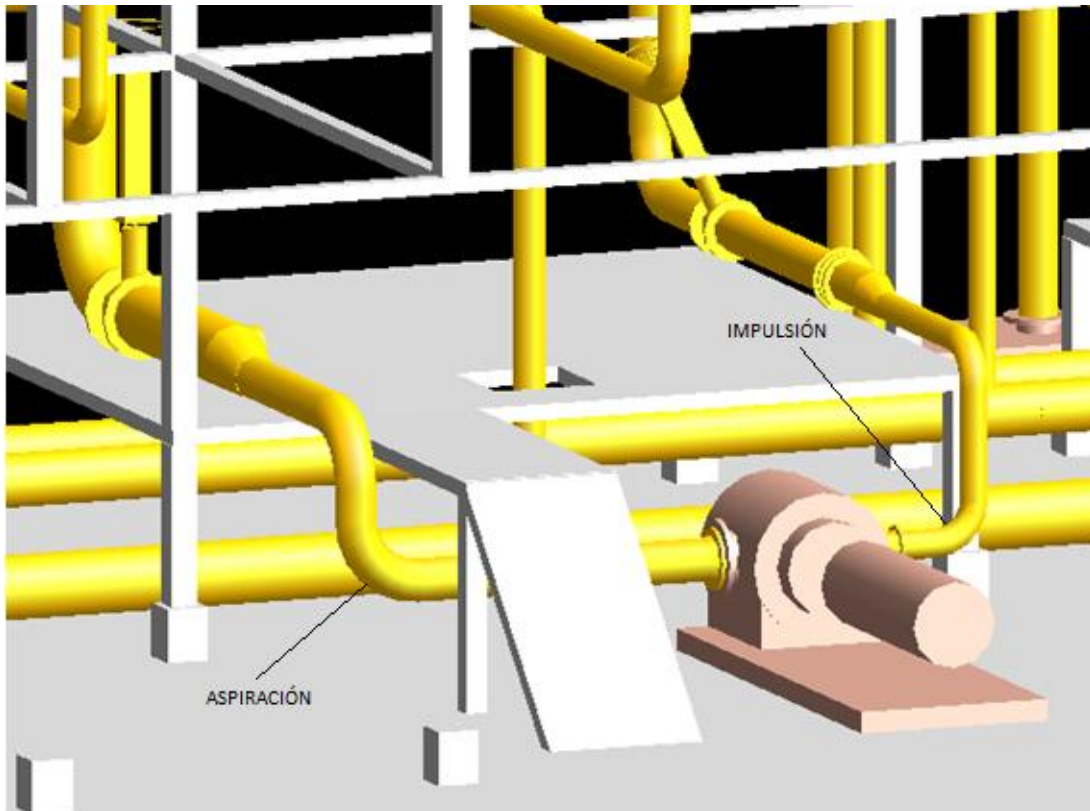


Figura 31. Trazado correcto de la línea de aspiración de la bomba.

En referencia al punto 13 de la L.V de bombas, en la impulsión de la bomba, se coloca primero la válvula de compuerta o bloqueo y después la válvula de retención. En la figura 32 se muestra la colocación incorrecta de las válvulas en la línea de impulsión de la bomba, y en la Figura 33 se muestra la colocación correcta de las válvulas.

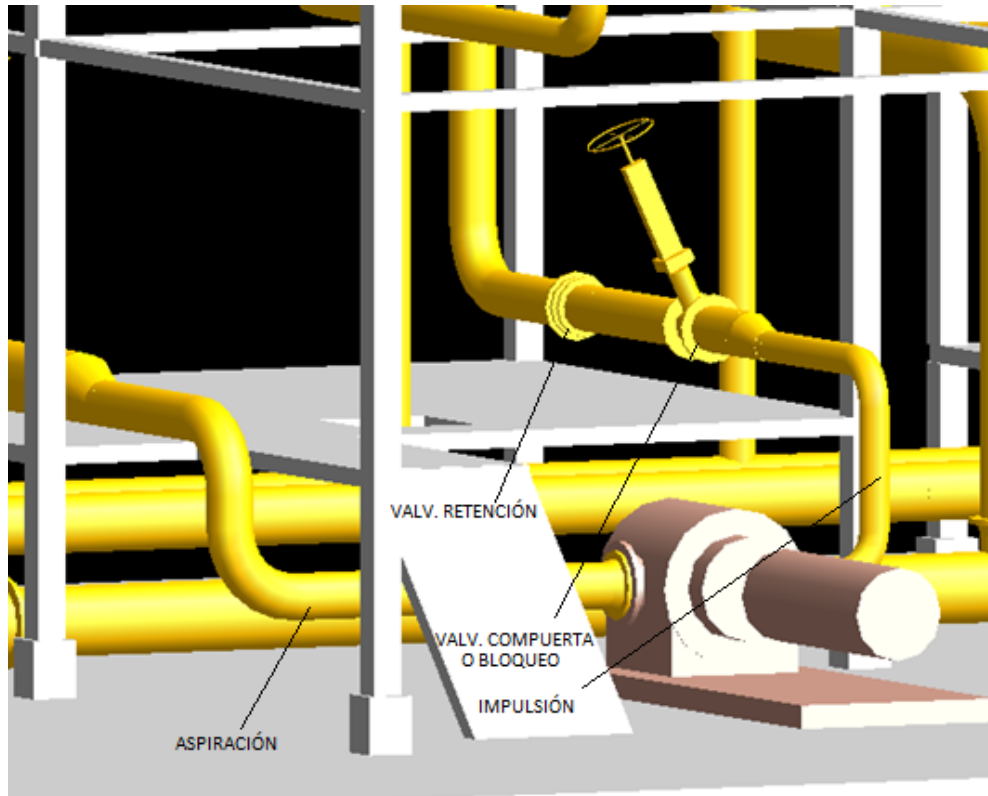


Figura 32. Colocación incorrecta de las válvulas en la línea de impulsión de la bomba.

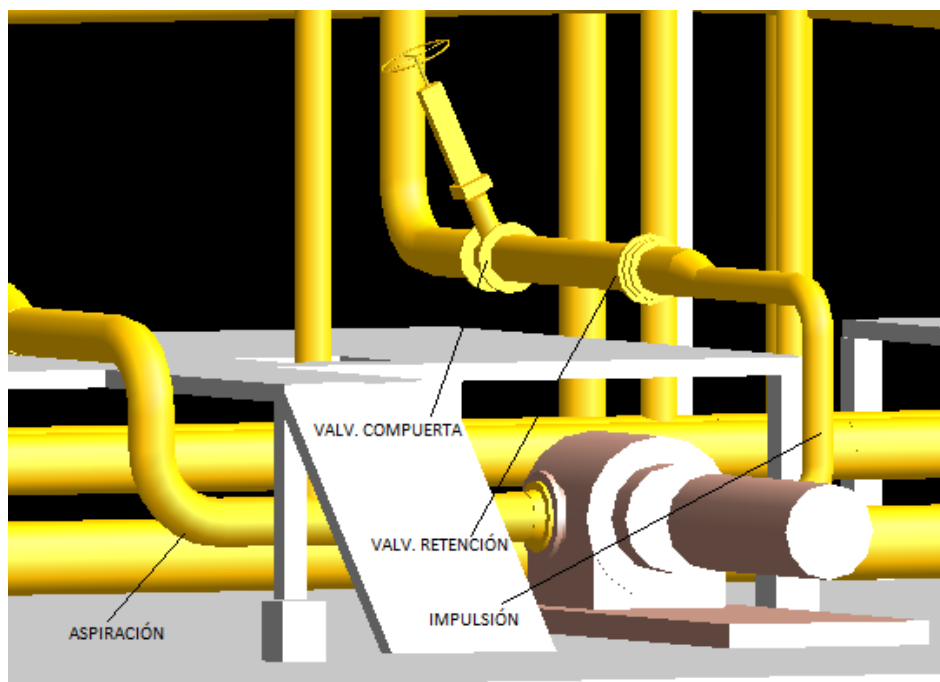


Figura 33. Colocación correcta de las válvulas en la línea de impulsión de la bomba.

- En referencia al punto 1 de la L.V de instrumentación, el volante de las válvulas de las líneas de aspiración e impulsión de las bombas se ha cambiado y es de difícil acceso. En la figura 34 y 35 se muestra la colocación de las válvulas incorrectamente de forma que resultan inoperables. En la Figura 36 se muestra la correcta orientación del volante de las válvulas.

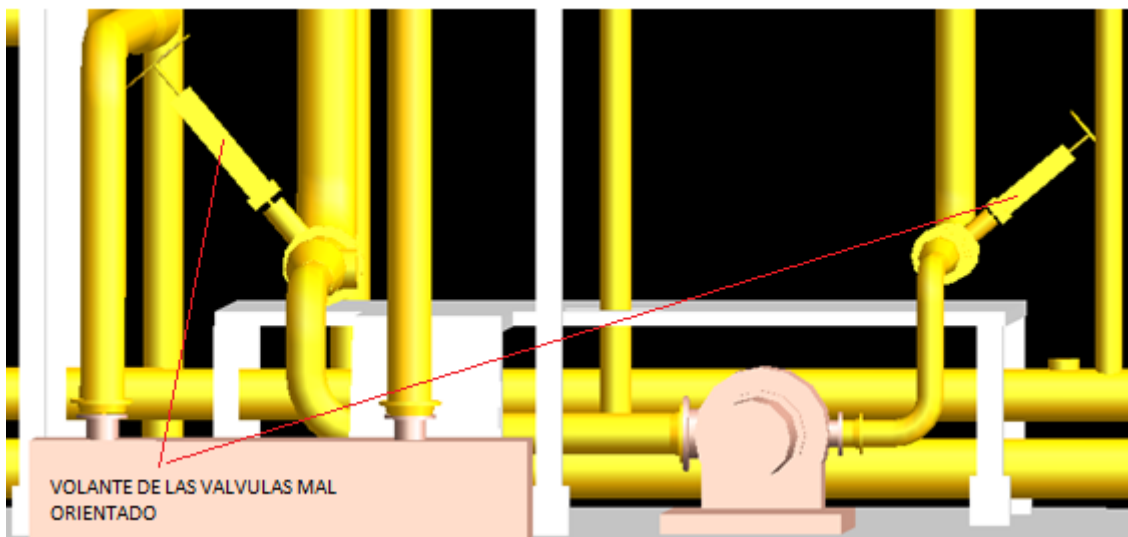


Figura 34. Orientación incorrecta del volante de las válvulas.

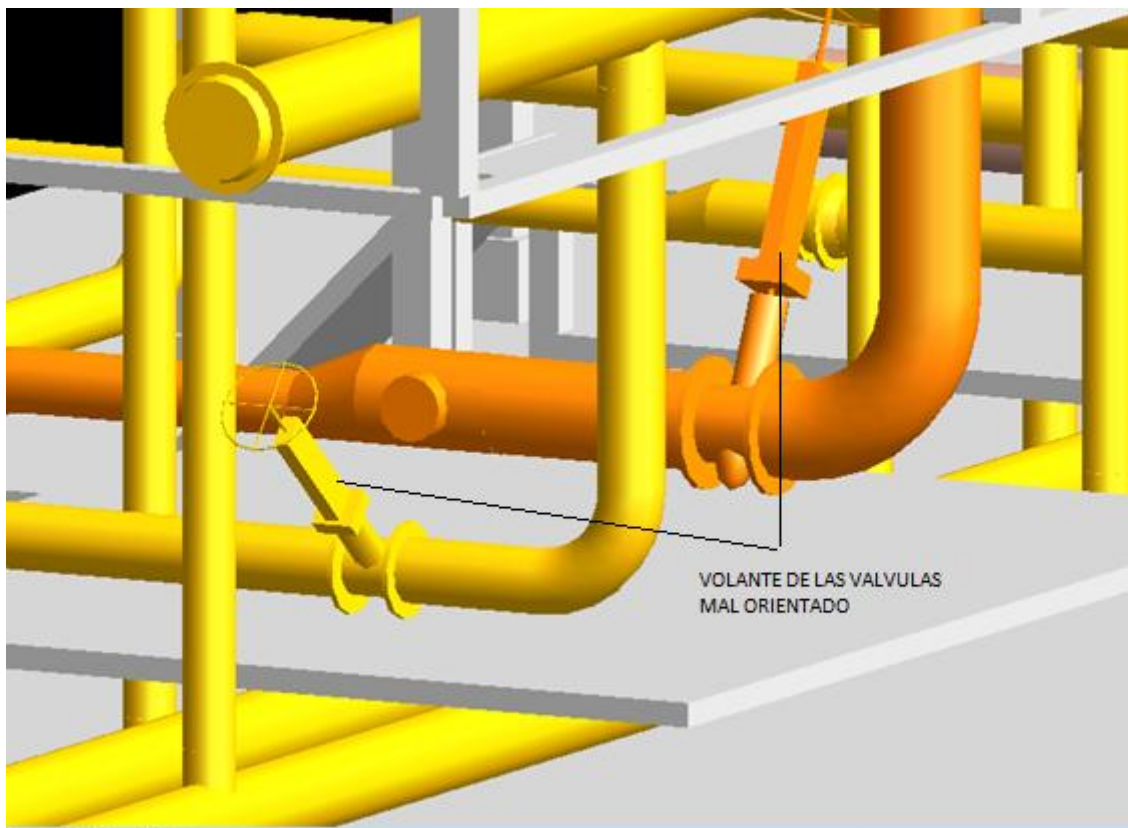


Figura 35. Orientación incorrecta del volante de las válvulas.

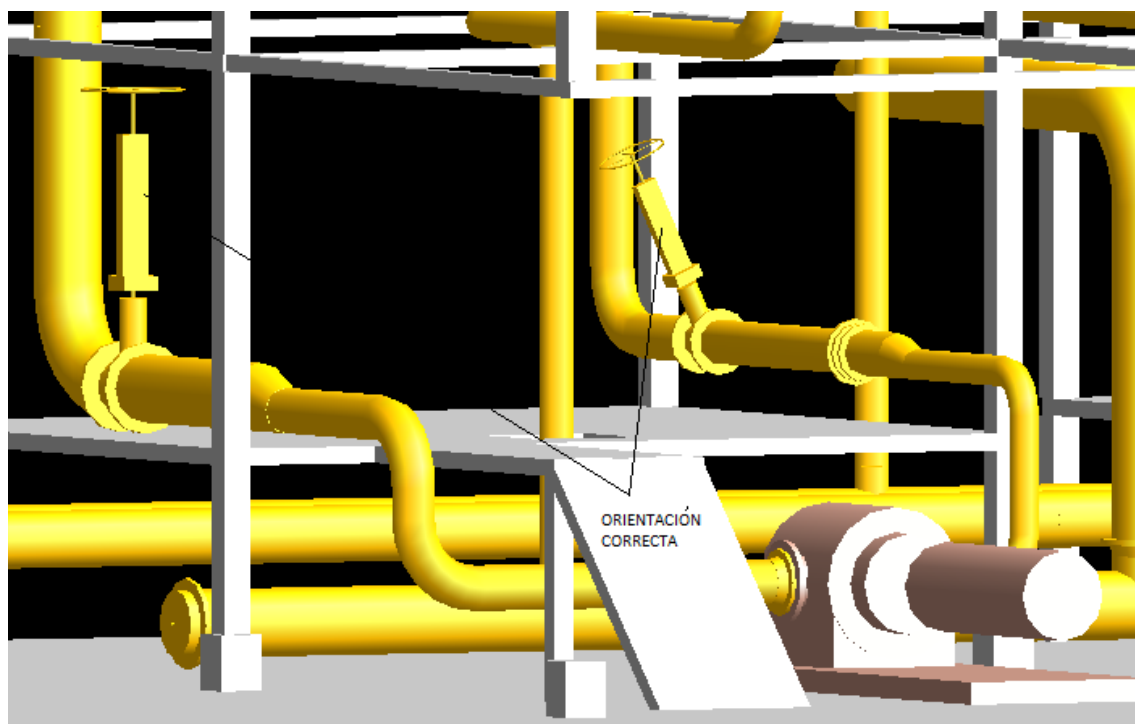


Figura 36. Orientación correcta del volante de las válvulas.

4.3 Revisión de la planta mediante simuladores de realidad virtual

Para este apartado del trabajo de fin de grado, ha sido necesaria la exportación del modelo creado en el software de diseño de tuberías PDMS a uno de visión 3D o realidad virtual. Como punto de partida se barajaron las opciones del uso de NAVISWORKS (AutoDesk) y COMOS Walkinside (Siemens), siendo esta última opción el software elegido ya que nos permite el traslado automático por toda la planta mostrando los detalles de esta.

4.3.1 Software de visión 3D Navisworks (AutoDesk)

Navisworks (AutoDesk) [15] es una herramienta de visualización 3D que permite a los profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción revisar de manera integral modelos creados en distintos software de diseño y los datos de interés para tener un mejor control sobre los resultados del proyecto.

Este software de visión 3D permite la coordinación de la simulación de la construcción y el análisis de todo el proyecto para su revisión. Navisworks incluye herramientas avanzadas para simular y optimizar la programación del proyecto, identificar y coordinar los enfrentamientos y las interferencias, colaborar y obtener un mayor conocimiento de los problemas potenciales.

Una de las ventajas que ofrece frente a la opción de COMOS Walkinside es que es un software gratuito que permite que el cliente sin licencia de PDMS pueda visualizar la instalación.

4.3.2 Creación de maqueta en COMOS Walkinside (Siemens)

COMOS Walkinside [14] es una potente solución de software 3D de visualización de modelos o maquetas que accede directamente toda la información planta para mostrar su estado actual a través de gráficos en 3D visualmente atractivos y realistas. El uso de modelos 3D inteligentes hace que la construcción de instalaciones sea una operación más segura y más eficiente.

COMOS Walkinside permite el uso de datos de ingeniería 3D en las fases básicas y de detalle de ingeniería a través de todo el ciclo de vida de activos.

Se pueden representar de forma realista en tres dimensiones modelos de planta altamente complejos con los datos de la planta siempre disponibles para ser utilizados no sólo para propósitos de ingeniería y de supervisión, sino también para el funcionamiento y la formación.

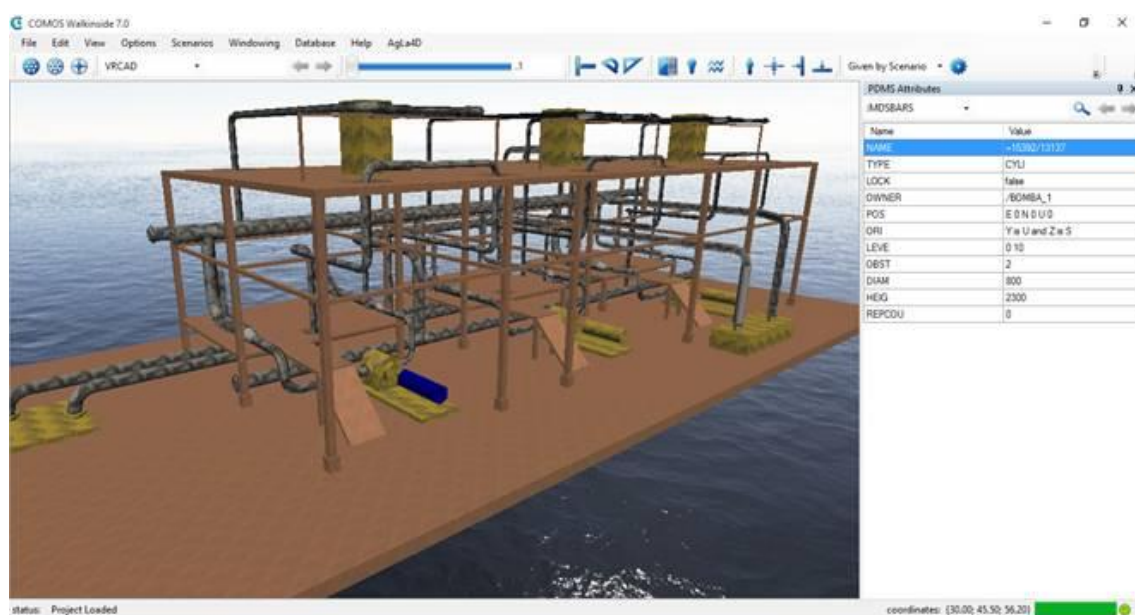
Puede ser utilizado para la capacitación de los operadores de inmersión y ofrece herramientas para el intercambio de datos eficiente con aplicaciones de terceros, así como la colaboración en tiempo real distribuido.

Y además permite que el servicio y mantenimiento se puedan planificar, simular y ejecutar de manera eficiente.

Gracias a esta herramienta de realidad virtual, se ha creado una maqueta 3D a partir de la planta creada en el software de diseño 3D de tuberías PDMS, con el fin de crear un ejercicio de entrenamiento para detección de fallos al ofrecer esta la posibilidad de trasladarse por dentro de esta en forma de realidad virtual pudiendo comprobar todos los puntos de las listas de verificación creadas.

Para la visualización de esta maqueta se ha habilitado el siguiente enlace web:

<http://piping.unizar.es/TFG>



5. Conclusiones

- Se ha aprendido a manejar una herramienta de diseño 3D de tuberías (PDMS de AVEVA).
- Mediante la citada herramienta de diseño 3D, se ha desarrollado un modelo 3D a partir de unos planos reales de una planta industrial proporcionados por una Ingeniería multinacional.
- Se ha contactado con dos Ingenierías y se ha revisado abundante bibliografía (pública y privada) para recopilar un conjunto de reglas de diseño de tuberías. Estas reglas están encaminadas a realizar diseños que cumplan criterios de seguridad, operabilidad, mantenimiento, económicos, así como estéticos.
- Se han creado unas “listas de verificación” (“check lists”) para facilitar la detección de fallos durante la revisión de los planos.
- Se han desarrollado dos ejercicios para el entrenamiento de diseñadores junior de tuberías:
 - Detección de errores por comparación de planos 2D y P&ID con maqueta.
 - Detección de incumplimiento de las listas de verificación mediante revisión de la maqueta a través de realidad virtual usando el programa COMOS Walkinside (Siemens).

Como primera conclusión final del presente trabajo Fin de Grado, y atendiendo a la consecución del objetivos principal de este, que son la de crear un modelo de desarrollo de los conocimientos de los jóvenes diseñadores de tuberías, sería que dada la poca existencia de formación académica específica en el tema relacionado con el diseño de tuberías, quizá por la especificación de la rama siendo esta la principal limitación, esta propuesta de ejercicios de entrenamiento para los jóvenes diseñadores podría ser beneficiosa para empresas relacionadas con esta rama de la ingeniería o instituciones académicas, ya que sería una forma de adquirir cualidades específicas y mas enfocadas al diseño real de una planta de estas características.

Otra de las conclusiones sería la importancia del software de diseño, ya que en la actualidad, dado el nivel de sofisticación de la tecnología y cada vez en mayor medida, el manejo de software de diseño para las futuras generaciones de ingenieros relacionada con la construcción de instalaciones de cualquier tipo será la base sobre la que trabajar.

A título personal, este trabajo me ha ayudado a comprender muchos aspectos de diseño de un proyecto de ingeniería avanzado, aplicados ya a la realidad, visión muy diferente a la que como estudiante, tenía de esto como puede ser la estructuración de un proyecto de grandes dimensiones y la importancia de la jerarquización dentro del proyecto para llevarlo a cabo de la forma correcta.

6. Trabajo futuro

- Probar los ejercicios de entrenamiento con diseñadores junior de las Ingenierías contactadas.
- Ampliar las listas de verificación consultando más especificaciones de diseño y más bibliografía.
- Añadir la justificación a cada regla de las listas de verificación.
- Añadir dibujos a cada regla de diseño.
- Utilizar una impresora 3D para crear un modelo físico de la planta. Despiezar este modelo y pedir a los diseñadores que monten el trazado de forma que se cumplan las reglas de diseño.

Como trabajo futuro, se propone la recopilación de un mayor número de reglas de diseño de tuberías revisando un mayor volumen de bibliografía relacionada y la actualización de las reglas revisadas conforme avance la técnica e introducir una explicación para cada regla sacada de la bibliografía de tuberías revisada y puesta en las listas de verificación para su mejor comprensión en el momento de su revisión.

Otro aspecto del trabajo con el que continuar, sería la creación de más modelos de diferentes plantas o unidades de la planta diseñada en el software de diseño de tuberías PDMS para poder tener diferentes instalaciones con diferentes equipos e instrumentación. Lo ideal sería poder crear un número suficiente de plantas como para que todas las reglas sacadas en las listas de verificación pudieran comprobarse con errores en ellas.

Una aplicación muy interesante que se ha contemplado para este trabajo, es la posibilidad de imprimir el modelo generado en 3D, gracias a la nueva tecnología de impresión con materiales plásticos, y construir una maqueta de dicha planta, en la que se pudiera montar y desmontar (estilo piezas LEGO), pudiendo hacerlo de maneras diferentes y así poder utilizarlo a modo de ejercicio para los diseñadores de tuberías junior que deberían buscar el diseño correcto utilizando las piezas que se le aportarían.

Esto ayudaría a los diseñadores a entender y llevar a la práctica de manera más visual y entretenida las reglas de diseño extraídas de la bibliografía de tuberías revisada.

Como añadido al trabajo, y utilizando algún software de análisis de estrés de tuberías, podría hacerse el estudio de nuestra instalación para comprobar si en condiciones normales de funcionamiento, la instalación diseñada soportaría dichas condiciones lo que podría indicar un correcto diseño de esta.

7. Bibliografía

- [1] Antonio Brosed Brosed en colaboración con Pedro Arrufat. *"Fases de diseño, construcción y montaje de una instalación de fluidos industriales"*. 2004.
- [2] Ed Bausbacher and Roger Hunt. *"Process Plant Layout and Piping Desing"* Prentice Hall. 1993
- [3] George A. Antaki. *"Piping and Pipeline Engineering"*. Marcel Dekker. 2003
- [4] Ingeniería desconocida. *"Curso de tubería Betta"*
- [5] Mobil Engineering. *"Mobil Engineering Guide - Piping General Design"*.1993.
- [6] Kern, Rober. *"Plant Layout and Piping Design for minumum cost systems"*. Hydrocarbon Process. 1966.
- [7] Industria petrolera noruega. *"PIPING DESIGN, LAYOUT AND STRESS ANALYSIS L-002"* (NORSOK Standard). 1997
- [8] *"PIP Practices of Piping Engineering & Complementary Pracitices"*.
<<http://www.pip.org/practices>>
- [9] Ingeniería multinacional. *"Piping Design Specification"*.
- [10] Rutger Botermans and Peter Smith. *"Advanced piping design"*. Gulf Publishing Company. 2007
- [11] D.N.W.Kentish. *"Tuberías industriales, diseño, selección, cálculo y diseño"*. Urmo. 1989.
- [12] Bob Wilson. *"Detail Engineering and Layout of Piping Systems"*. 2011.
- [13] SEAF-PRO. *"Perfeccionamiento Delineante de tuberías. Plantas Industriales"*.
- [14] Información acerca del software de diseño de tuberías PDMS
<http://www.aveva.com/AVEVA_PDMS>
- [15] Información acerca del software de realidad virtual COMOS Walkinside
<<http://w3.siemens.com/mcms/plant-engineering-software/en/comos-lifecycle/comos-walkinside>>
- [16] Información acerca del software de diseño 3D NAVISWORKS
<<http://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>>

8. Glosario

- Arquitectura DCS/ESD (arquitectura del sistema de control distribuido de la instrumentación de la planta a diseñar): sistema de control de los elementos de instrumentación como válvulas, transmisores o indicadores distribuidos por la instalación desde un centro de control.
- B.O.P EL: (bottom of pipe elevation): forma de indicación de la elevación de la parte inferior de una tubería en los planos 2D de la instalación.
- Check List (Lista de verificación): documento que se utiliza para controlar el cumplimiento de una lista de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de forma sistemática como son las reglas de diseño a cumplir en el diseño de instalaciones de tuberías.
- Documentación AS-BUILT: conjunto de planos que se elaboran una vez finalizada la instalación y que recogen las modificaciones producidas durante la obra respecto a los planos originales antes de esta.
- Maqueta: modelo en tres dimensiones de una instalación creado mediante un software de diseño 3D.
- MTO (material take off): recuento de materiales conforme a los planos para trasladar la información al departamento de compras y proveedores.
- Pipe Rack (puente de tuberías): plataforma sobre la cual se discurren y apoyan las líneas de tuberías y cableado en su recorrido por la instalación.
- Piping Lay Out and General Arrangement: diagrama o esquema de la disposición general de las tuberías de la instalación.
- Plano 2D de tuberías: plano de la vista planta en dos dimensiones en planta de la instalación en el que se representan todas las líneas
- Plano P&ID (piping and instrumentation diagram/drawing) (diagrama de tuberías e instrumentación): diagramas que muestran el flujo del proceso en las tuberías, así como los equipos instalados y toda la instrumentación. Estos diagramas están compuestos por una serie de símbolos que nos permitirán identificar todos los componentes que conforman un proceso, como tuberías, número de líneas de tubería y sus dimensiones, el conjunto de válvulas, controles, alarmas, equipos, niveles, presostatos, drenajes, purgas, bombas, etc.
- Plot plan: diagrama que muestra la ubicación la planta o instalación dando una vista aérea de todas sus áreas, administración, suministro, y distribución de equipos y espacio.
- RFIs (request for information): documento de solicitud de información variada a diferentes proveedores con el objeto de obtener un buen servicio.
- RFPs (request for proposal): documento de solicitud de propuestas de posibles vendedores de productos o servicios para el proyecto.

Anexo A.

Planos de partida (2D, P&ID y Lay Out)

Debido a su gran tamaño, y tema de confidencialidad, esta información se ha proporcionado en papel a los miembros del Tribunal.

Anexo B.

Especificación de diseño de una ingeniería

Debido a su gran tamaño, y tema de confidencialidad, esta información se ha proporcionado en papel a los miembros del Tribunal.

Anexo C. Listas de verificación:

- Lista de verificación de planos y trazado
- Lista de verificación de equipos
- Lista de verificación de instrumentos

VERIFICACION DE PLANOS Y TRAZADO

Nº	Punto a verificar	Si/No	Observaciones
1	Se muestra el norte en todos los planos		
2	Información sobre el plano (nº de plano, especificación etc.)		
3	Se muestra la escala utilizada en el plano.		
4	Hay concordancia entre P&ID y planos 2D		
5	Todos los equipos están situados mediante coordenadas, dimensiones y elevaciones.		
6	Se muestran las elevaciones y dimensiones de la obra civil, plataformas, estructuras y escaleras.		
7	Todas las líneas estas identificadas mediante el número de línea y especificación.		
8	La dirección de flujo y la instrumentación está definida en el plano P&ID		
9	Para la acotación de la tubería en elevación se ha tenido en cuenta el punto tomado como referencia, eje de la tubería, cara superior o inferior de esta.		
10	En los tramos de tubería con cambio en la presión nominal, en el material, en la forma de la superficie de junta o una combinación de los mismos, se representa en los diagramas		
11	La separación mínima entre caras de brida de la unión embridada de una línea y la contigua es de 500mm		
12	Las líneas enterradas fuera de los límites de las áreas de proceso son de DN 80 como mínimo y las líneas de agua de saneamiento de DN 50 como mínimo		
13	En los puentes de tuberías, las líneas pesadas van situadas lo más próximo posible a los pilares		
14	En los puentes de tuberías las líneas de servicio están situadas en el centro.		
15	Para las cotas de uniones embridadas, con superficie de junta A,B,C,D y E según DIN 2526, se indica el espesor de la junta en uno u otro lado de la línea de cota divisoria		
16	En el trazado de tuberías con uniones por bridas con resaltes N,F,V y R, se indica en las correspondientes bridas el tipo de superficie de junta prevista		
17	Se ha tenido en cuenta el espacio libre necesario en las líneas que puedan tener movimiento de expansión por calor		
18	En las tuberías enterradas los cambios de dirección van acompañados de un cambio en la elevación de las mismas, excepto en las de DN 600 y superiores		
19	Los puntos de drenaje de las tuberías enterradas son accesibles		
20	Las conexiones de servicios para vapor, aire y agua están situadas convenientemente en los puntos donde deben ser utilizadas		

VERIFICACION DE EQUIPOS

Nº	Punto a verificar	Si/No	Observaciones
	BOMBAS		
1	Todas las conexiones a bombas y equipos están claramente definidas (posición y elevación) y están realizadas correctamente.		
2	Existe espacio suficiente para poder trabajar en el montaje y desmontaje de los equipos.		
3	Alineación correcta de la línea de impulsión del conjunto de bombas, si existe.		
4	Existe un tramo de tubería horizontal antes de la aspiración de la bomba.		
5	Se ha tenido en cuenta la altura de la bancada para el posicionamiento correcto de la bomba.		
6	La orientación de las bombas es la correcta.		
7	El cambio de diámetro en las tuberías de aspiración o impulsión esta realizado por medio de reducciones y no válvulas reductoras que alteran el flujo.		
8	Los manómetros están instalados en la tubería de impulsión o aspiración evitando colocarlos en la misma bomba		
9	Las bombas que tienen una línea de aspiración o impulsión común, tienen las válvulas diseñadas para la misma presión, siendo esta la de mayor valor.		
10	En los conjuntos de bombas, las conexiones verticales quedan alineadas y las válvulas de accionamiento están al mismo nivel		
11	En la aspiración de la bomba hay instalado un filtro de cesta temporal o permanente entre la válvula de bloqueo y la bomba		
12	En las líneas que tienen el diámetro superior a las bocas de la bomba, las válvulas serán del mismo diámetro que la línea de aspiración o impulsión. La reducción de diámetro se realiza entre la válvula y la bomba		
13	En la tubería de impulsión está instalada una válvula de retención entre la bomba y la válvula de compuerta para evitar contraflujo.		
14	La altura normal de los ejes de las válvulas con relación al piso desde donde se accionen tiene una altura máxima de 2150mm		
15	La relación de tamaño entre la línea de impulsión y la válvula es la mostrada en la Figura 2.		
16	Las separaciones mínimas a respetar quedan indicadas en la Figura 1.		

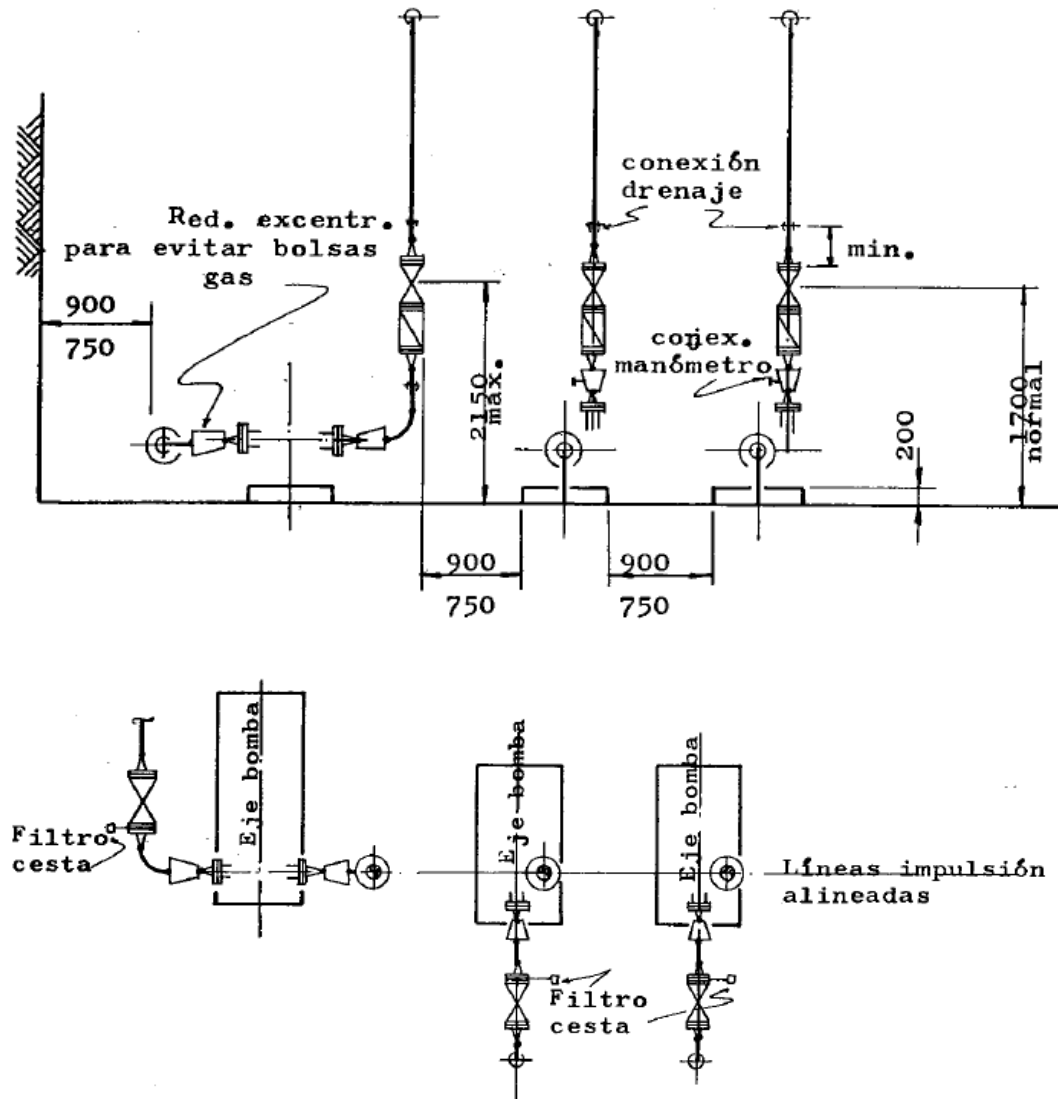
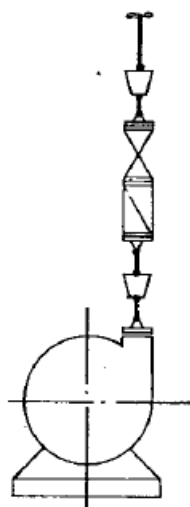


Figura 1. Distancias mínimas a respetar en el entorno de una bomba.



Cuando la línea es 2 ó mas veces mayor que la impulsión de la bomba, la válvula tendrá el tamaño indicado en la tabla:

Tamaño línea	Tamaño impulsión bomba	Tamaño válvula
50	25	40
80	40	50
100	50	80
150	80	100
250	150	200

Figura 2. Relación de tamaño entre línea de impulsión y válvula.

Nº	Punto a verificar	Si/No	Observaciones
	TURBINAS		
	Todas las conexiones a bombas están claramente definidas (posición y elevación) y están realizadas correctamente.		
1	En las turbinas, la toma de vapor del colector general se realiza por la parte superior del mismo.		
2	La válvula de admisión de las turbinas está en posición horizontal.		
3	La tubería de escape de la turbina llevara únicamente una válvula de bloqueo inmediatamente antes de su conexión al colector de escape		
4	Antes de la válvula de admisión de vapor hay instalado un purgador de condensado.		
5	En la tubería de admisión de vapor hay instalada una válvula de bloqueo en el ramal que alimenta la maquina y lo más cerca posible del colector general de vapor		
6	Para la regulación de la entrada de vapor, se coloca una válvula de globo fácilmente accesible, y lo más cerca posible de la conexión a la turbina		
7	Las válvulas de seguridad instaladas en las tuberías de vapor descargan a la atmosfera		
8	La válvula de seguridad va instalada en la línea de salida.		
9	Las turbinas están provistas de drenajes en diferentes puntos		
10	El esquema de instalación de la turbina sigue el indicado en la Figura 3.		
11	Las conexiones a una maquina alternativa están realizadas de tal forma que no dificulten el desmontaje de los émbolos		

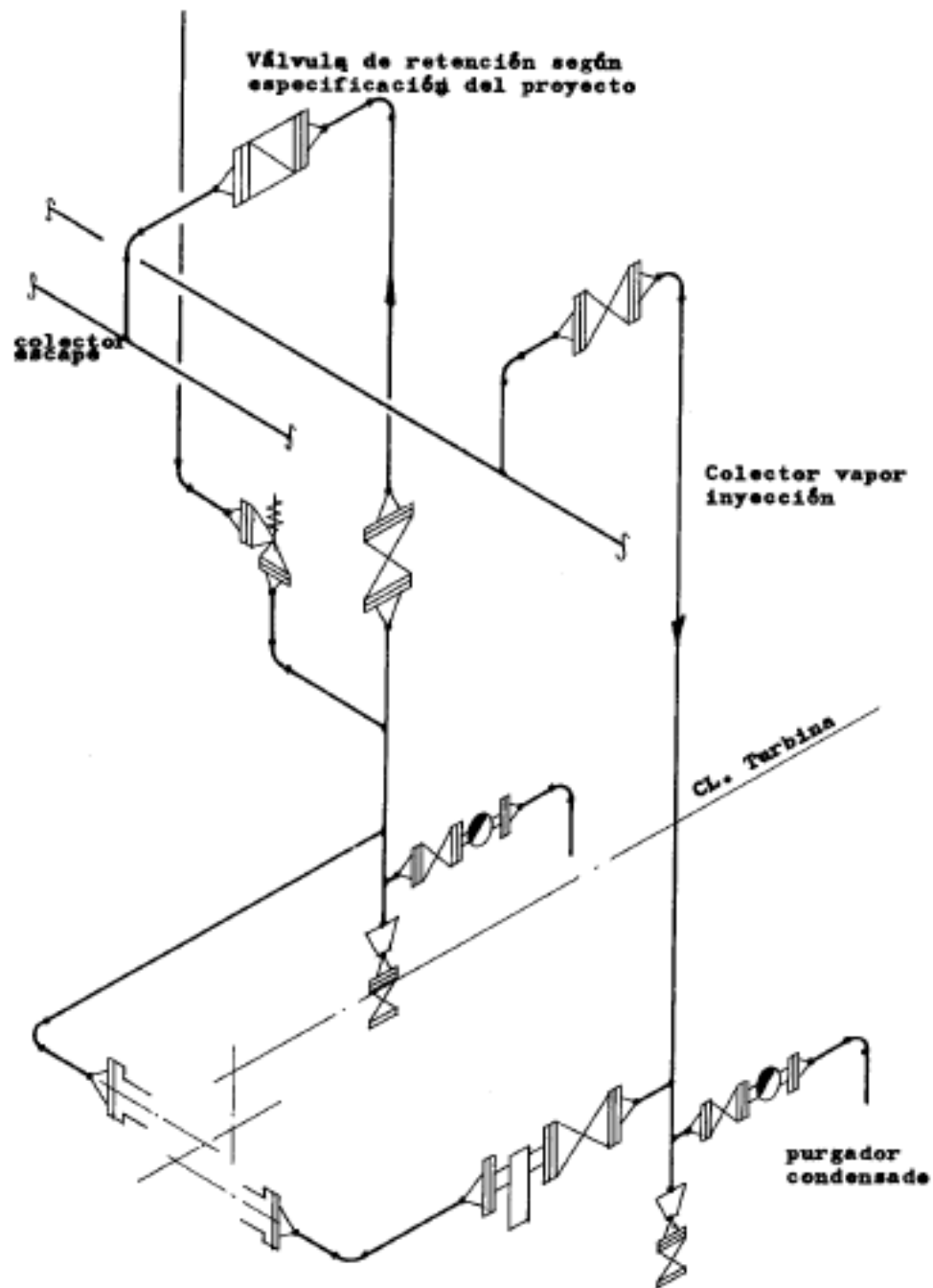


Figura 3. Esquema instalación y componentes de una turbina

Nº	Punto a verificar	Si/No	Observaciones
	TANQUES Y DEPOSITOS		
1	Las reducciones de diámetro en una conexión tubería-tubuladura de depósito, están realizadas inmediatamente después de la brida de conexión y por medio de una reducción.		
2	Las bocas de registro de los depósitos están colocadas en la parte superior de este o en uno de los fondos.		
3	Los marcadores de nivel van separados de la tubuladura de alimentación para evitar errores de medida		
4	La tubuladura de venteo se situara en el extremo opuesto a la boca de registro		
5	En los tanques de almacenaje, las conexiones de descarga y drenaje llevan directamente acopladas las válvulas de bloque a las tubuladuras del tanque.		
6	En las tuberías de alimentación, descarga y recicló, se tiene en cuenta el fácil acceso a las válvulas.		
7	Las tuberías de conexión al techo del tanque están separadas del cuerpo de este 100mm como mínimo, y existe en todos los casos una separación mínima de 30mm		
8	Para conectar una tubería a la tubuladura del tanque de mayor tamaño, la reducción del diámetro se realiza inmediatamente después de la brida de conexión.		
9	En la conexión a tubuladuras del techo del tanque se ha tenido en cuenta la adecuada orientación de los taladros de las bridas.		
10	Se ha instalado una plataforma desde la que operar en las válvulas de la parte superior de los depósitos.		
11	Las tuberías que conexionan a depósitos están correctamente soportadas para evitar que los esfuerzos sean transmitidos a las tubuladuras del depósito		
12	Existe la adecuada articulación para poder operar en válvulas fuera del alcance del operario.		
13	En las figuras 4,5 y 6 se muestran las distancias mínimas a cumplir para depósitos.		

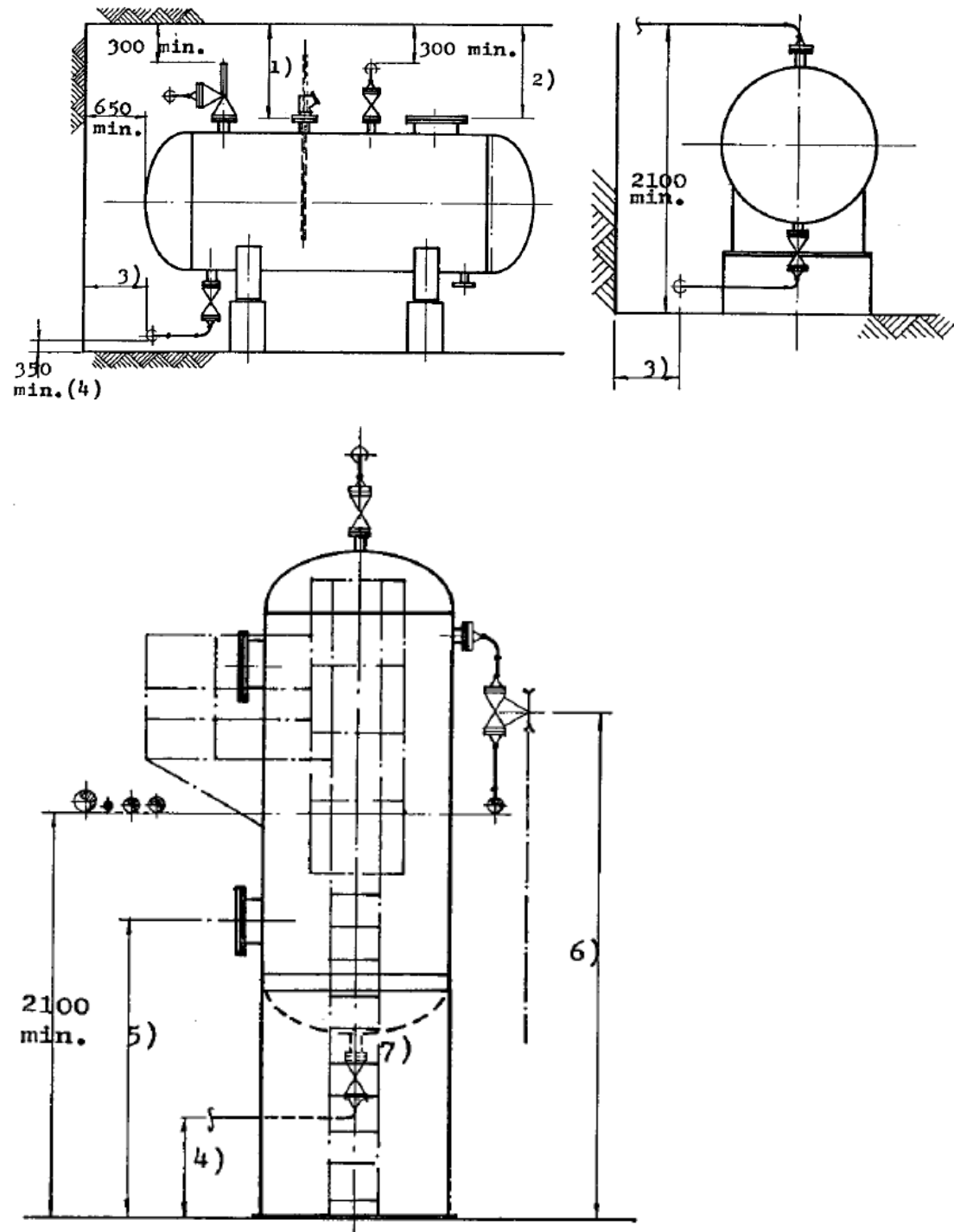


Figura 4,5 y 6. Distancias mínimas a respetar en la disposición de un tanque o deposito.

VERIFICACION DE INSTRUMENTOS

Sr. Nº	Punto a verificar	Si/No	Observaciones
	VALVULAS DE CONTROL		
1	Existe espacio suficiente para poder operar en las válvulas.		
2	Se muestra la orientación del volante de las válvulas y esta es la correcta.		
3	Existe y se muestra la especificación de toda la instrumentación de medida de características del flujo.		
4	El sistema regulador, si existe, esta constituido por una válvula de control, dos válvulas de bloqueo y un by-pass		
5	Las válvulas de control que llevan en la parte inferior del cuerpo una brida, tienen un espacio libre entre esta brida y el suelo de 250mm como mínimo.		
6	Por encima de la válvula de control se ha dejado un espacio libre de 300mm como mínimo.		
7	Las reducciones antes de válvulas son concéntricas en caso de fluidos líquidos y excéntricas con la cara lisa en la parte inferior para vapor.		
8	Hay instalado un filtro o bolsa para retener la suciedad entre la válvula de control y la válvula de bloqueo anterior a esta.		
9	Las dimensiones a respetar en las válvulas de control se muestran en la Figura 7		
	VALVULAS DE SEGURIDAD		
1	Las válvulas de seguridad están colocadas lo suficientemente cerca del equipo a proteger.		
2	Las válvulas de seguridad con descarga libre a la atmosfera, tienen la tubería de descarga a una altura minima de 3 metros por encima del equipo o plataforma mas elevada en un radio de 15m.		
3	Las válvulas de seguridad que descargan a la atmosfera llevan un taladro de diámetro 6mm en el punto más bajo o un drenaje 3/4"		
4	Las válvulas de seguridad de resorte están instaladas de forma que éste quede en posición vertical.		
5	La tubería donde vaya colocada la válvula está debidamente soportada para evitar la transmisión de esfuerzos a esta.		
6	Las válvulas de seguridad que descargan a un circuito cerrado, tienen una válvula de bloqueo a la entrada y a la salida		
7	La conexión de la tubería de descarga a un colector general, esta realizada con una inclinación a 45º y en el sentido de la circulación del flujo		
8	Todas las válvulas de seguridad en tuberías de agua tienen una descarga visible a un drenaje.		

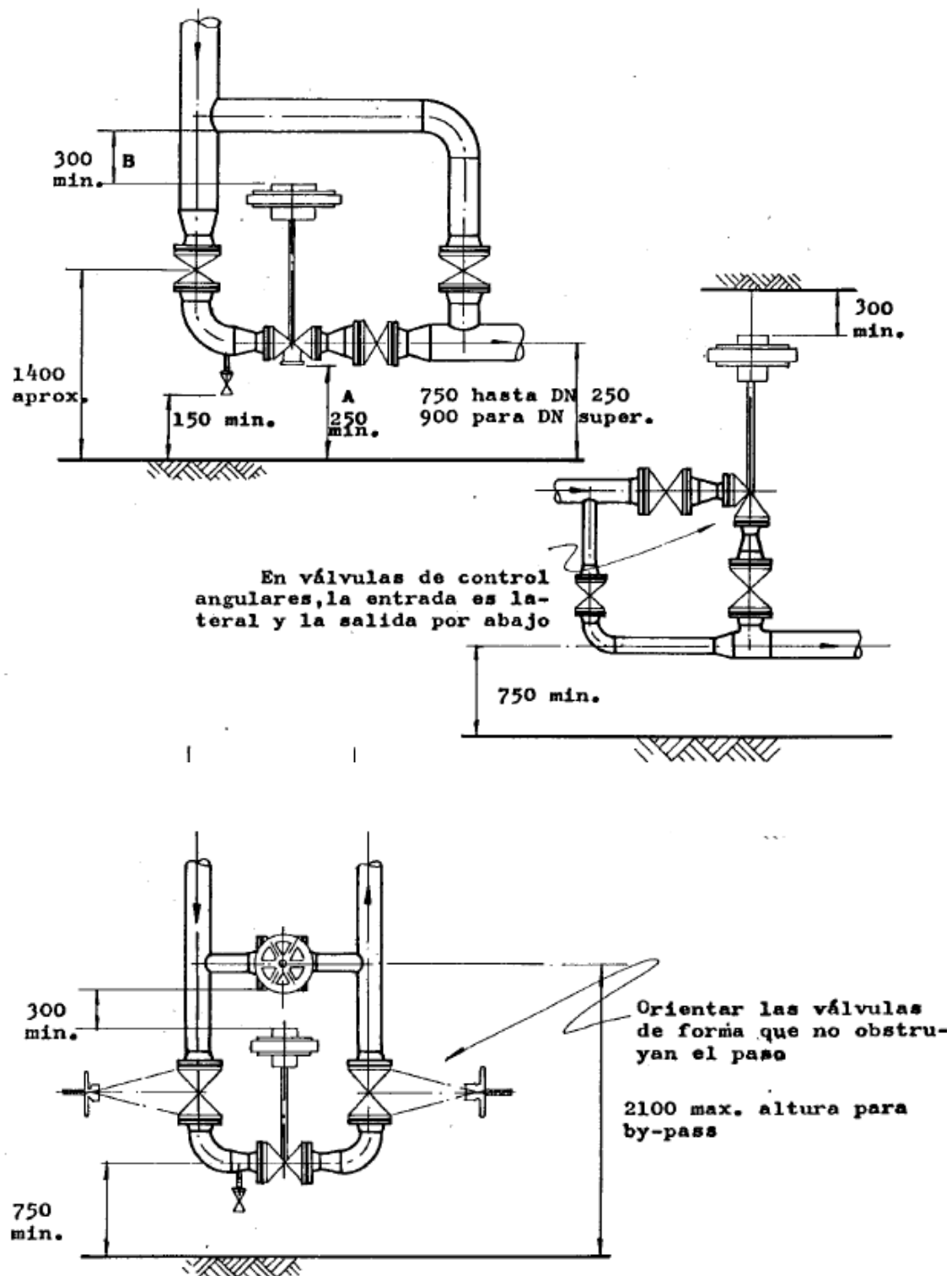


Figura 7. Distancias a respetar para válvulas de control y seguridad.

Sr. Nº	Punto a verificar	Si/No	Observaciones
	INDICADORES Y TRANSMISORES DE PRESION Y TEMP.		
1	Todos los indicadores están instalados en lugares accesibles y de fácil lectura.		
2	Las conexiones para tomas de temperatura en tuberías están instaladas según indica la figura ejecución A y B de la Figura 8		
3	Si es preciso adoptar la ejecución tipo A en líneas de DN100 o inferiores, se procederá según la ejecución tipo C de la Figura 8		
4	Las conexiones a equipos están realizadas según la ejecución D. de la Figura 8		
5	En la Figura 9 y 10 se indican las distancias a tener en cuenta en la instalación		
6	Los manguitos y las tubuladuras están de acuerdo con las especificaciones de las tuberías a las que van acopladas (material, Pn, temperatura, etc.)		
7	Las conexiones para tomas de presión van provistas de válvulas de bloqueo.		
8	Todas las conexiones de indicadores y transmisores están formadas por una tubuladura o manguito soldado a la tubería o equipo.		
9	Todos los venteos y drenajes están colocados en posición vertical, utilizando la parte superior de la tubería para los venteos y la inferior para los drenajes.		

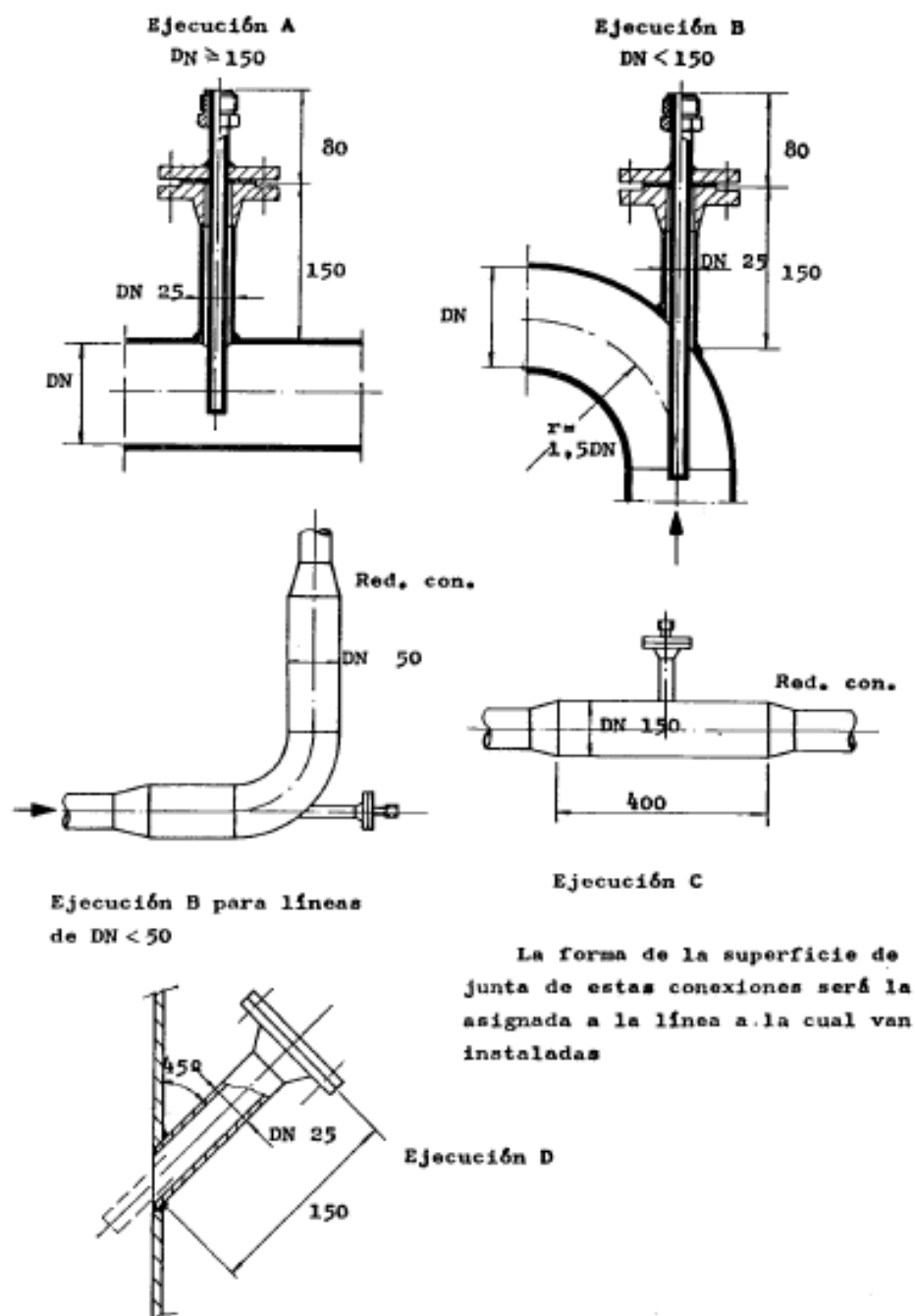
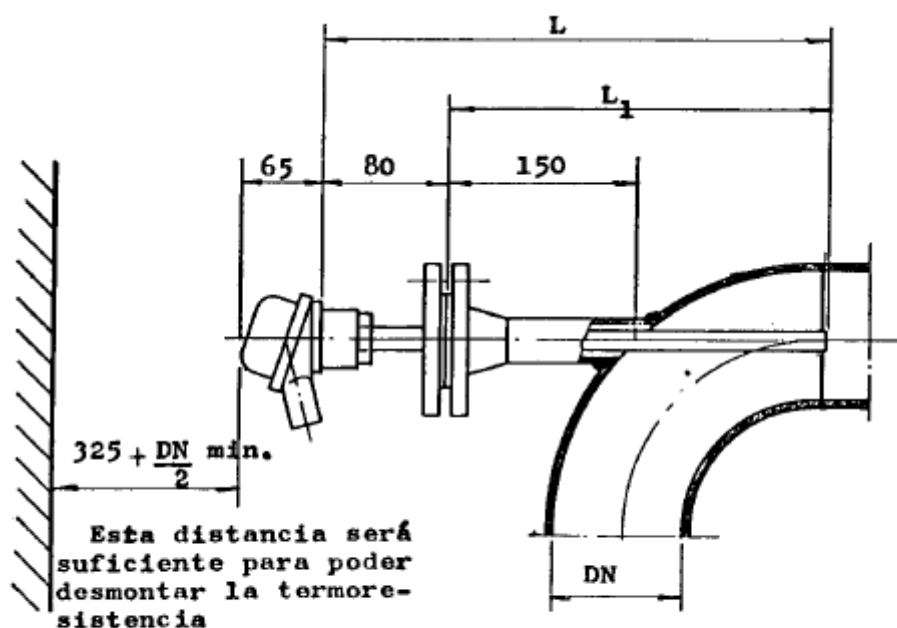


Figura 8. Ejecución para la instalación de tomas de temperatura.



Las longitudes L y L_1 según

Figura 9. Distancias a respetar en la instalación de tomas de presión y temperatura.

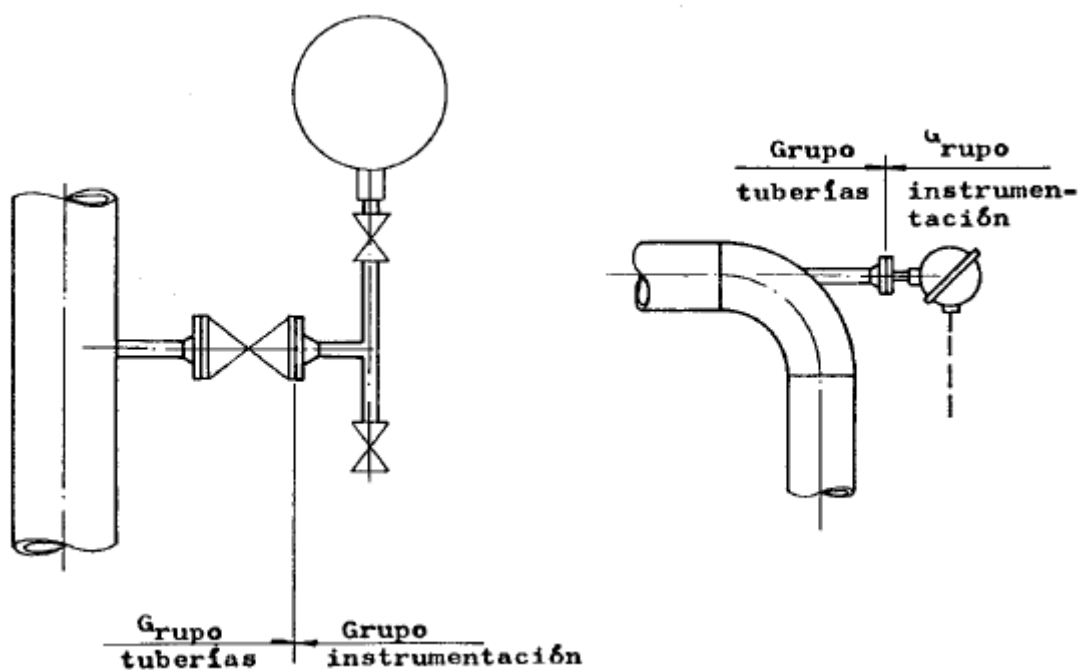


Figura 10. Distancias a respetar en la instalación de tomas de presión y temperatura.

Sr. Nº	Punto a verificar	Si/No	Observaciones
	PLACA ORIFICIO		
1	Antes y después de medidores de caudal por placa orificio existe la suficiente distancia de tubería recta.		
2	Para fluidos gaseosos, las tomas de medida se sitúan en la parte superior de la tubería		
3	Para fluidos líquidos, las tomas de medida se sitúan en la parte inferior de la tubería.		
4	En placas orificio situadas en tramos verticales, cuando el fluido es gas o vapor, la dirección del mismo es descendente		
5	Con fluido liquido, la corriente es ascendente		
6	En placas orificio montadas entre bridas de cuello, se ha rebajado y limpiado interiormente las soldaduras de unión entre tubo y brida		
7	Las relaciones a cumplir en la distancia de las placas orificio respecto a otros elementos esta contenida en la Figura 11 y 12.		

DISTANCIAS EN DN	A	B	C	D	E	F	G	H
NORMAL	28	36	62	26	26	32	20	7
MÍNIMO	14	18	31	13	13	16	10	3,5

Figura 11. Relación de distancias entre placa orificio y otro elemento.

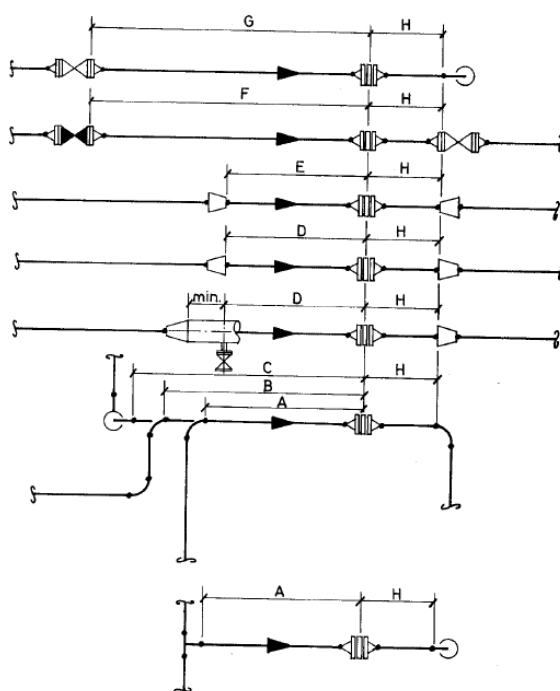


Figura 12. Esquema relación de distancias entre placa orificio y otro elemento.

Anexo D. Modelo generado

Planos PDMS

Debido a su gran tamaño, esta información se ha proporcionado en papel a los miembros del Tribunal.

Vistas 3D en la maqueta de PDMS

En este anexo del trabajo de fin de grado se mostraran diferentes vistas de la planta creada mediante el software de diseño de tuberías PDMS para su mayor comprensión.

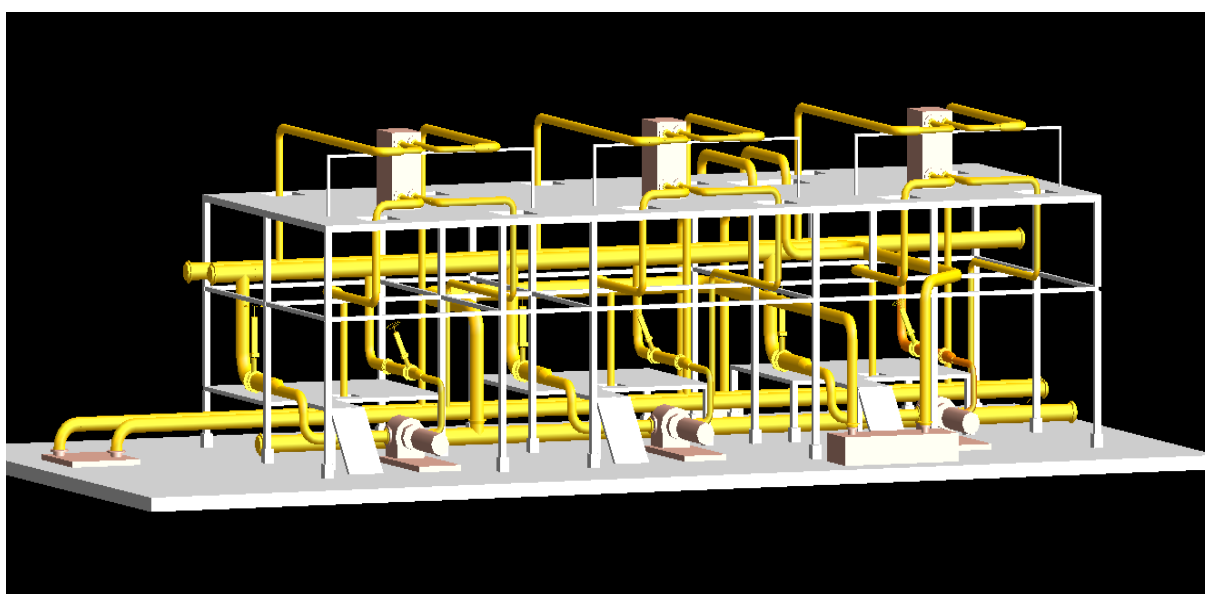


Figura 37. Vista en 3D de la parte delantera de la planta creada en PDMS.

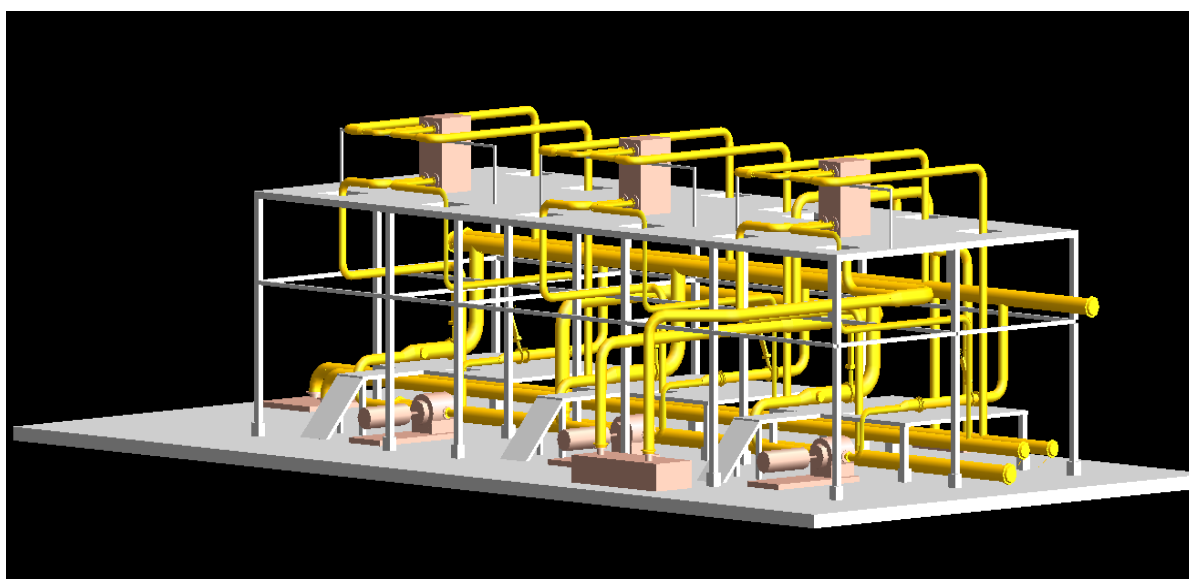


Figura 38. Vista en 3D de la parte delantera de la planta creada en PDMS.

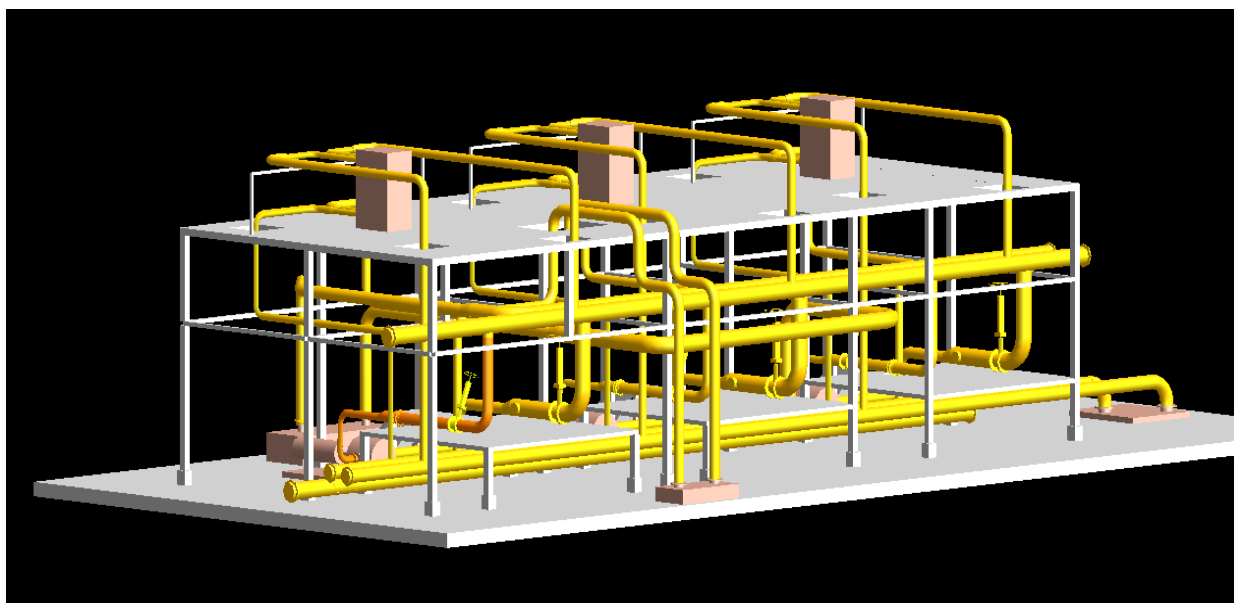


Figura 39. Vista en 3D de la parte posterior de la planta creada en PDMS.

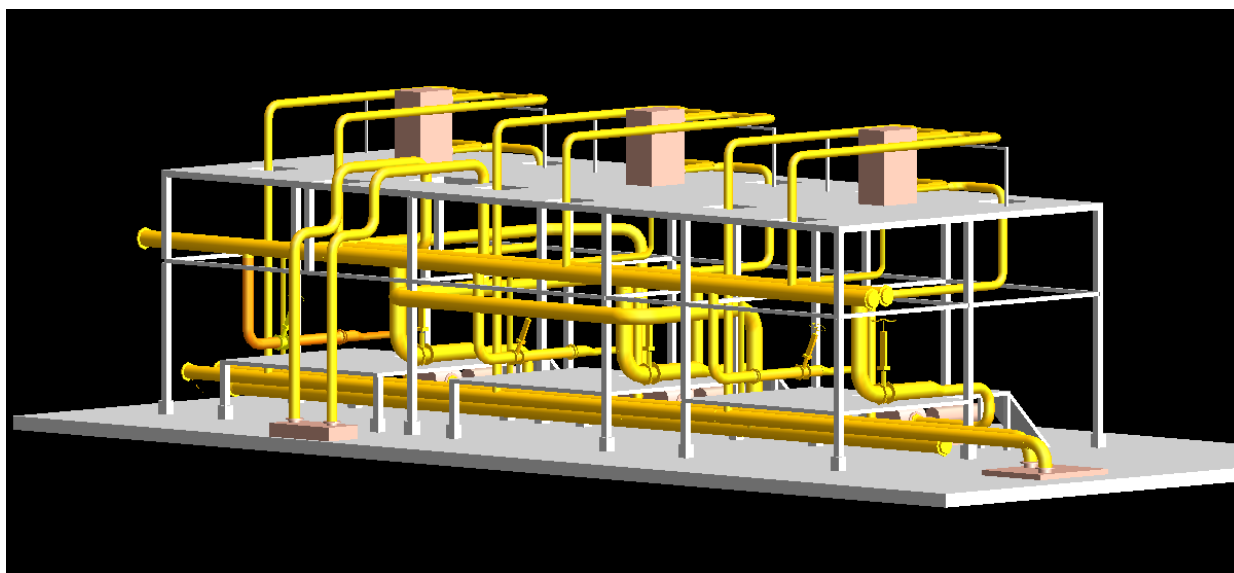


Figura 40. Vista en 3D de la parte posterior de la planta creada en PDMS.

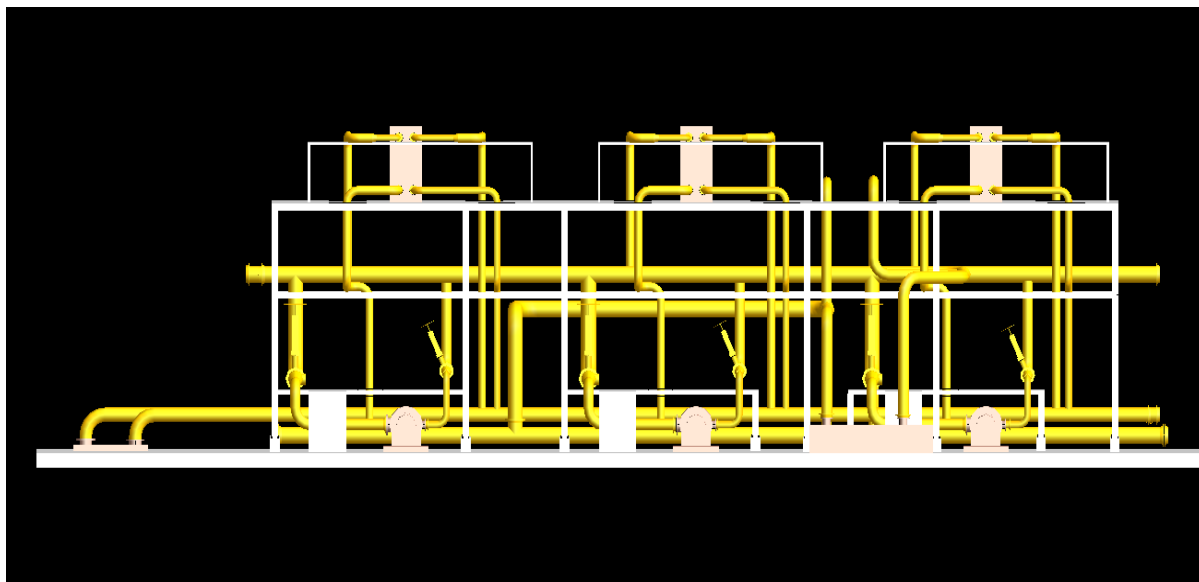


Figura 41. Alzado en 3D de la planta creada en PDMS.

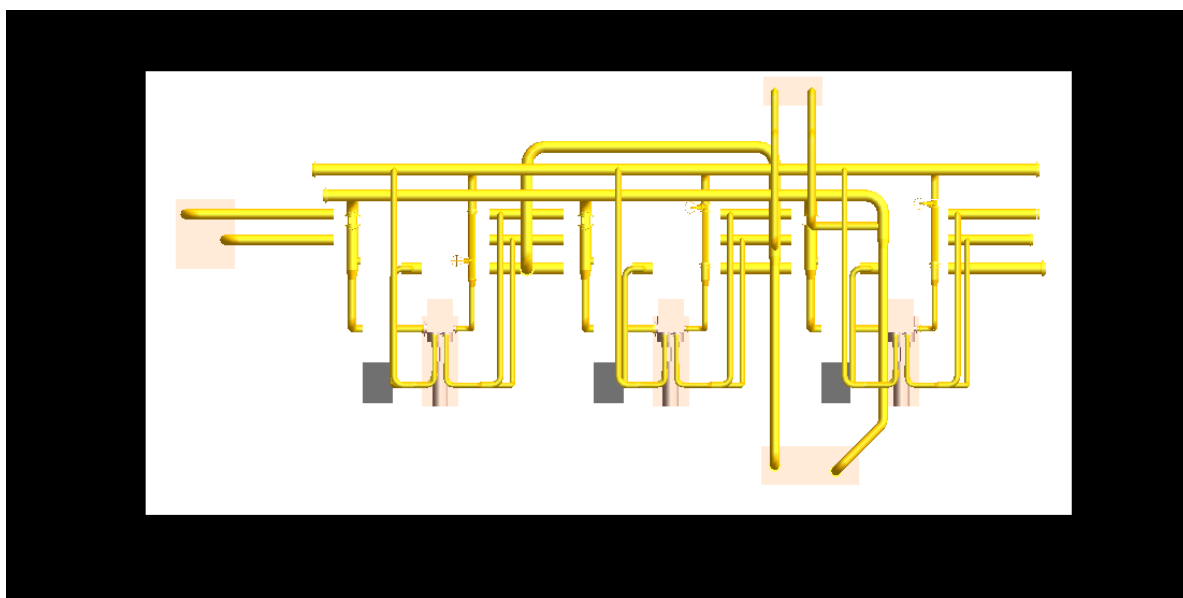


Figura 42. Planta en 3D de la planta creada en PDMS.

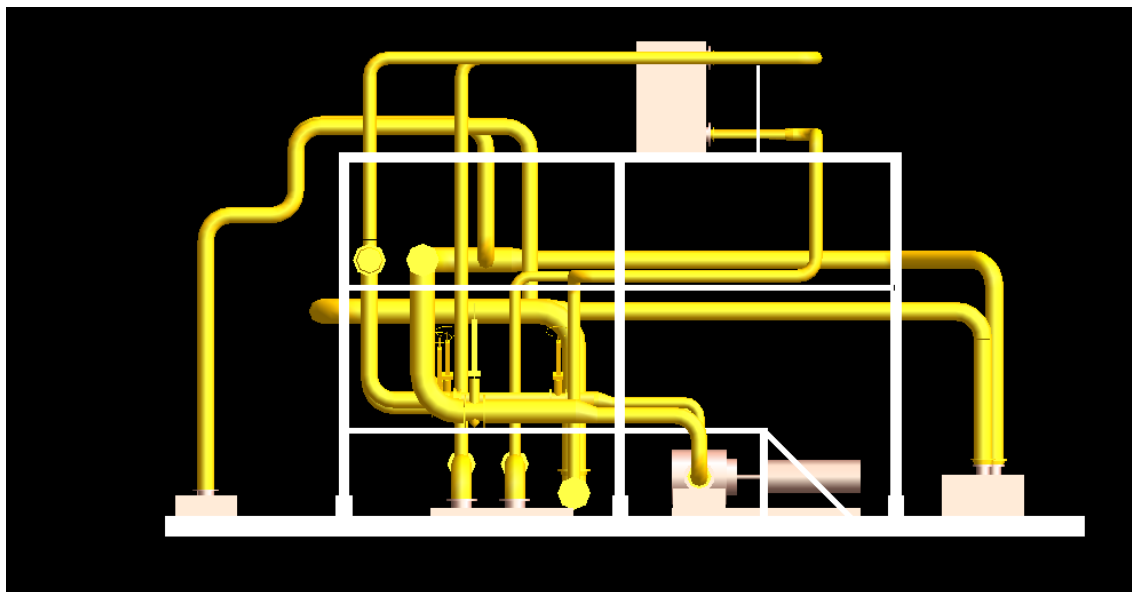


Figura 43. Perfil en 3D de la planta creada en PDMS.

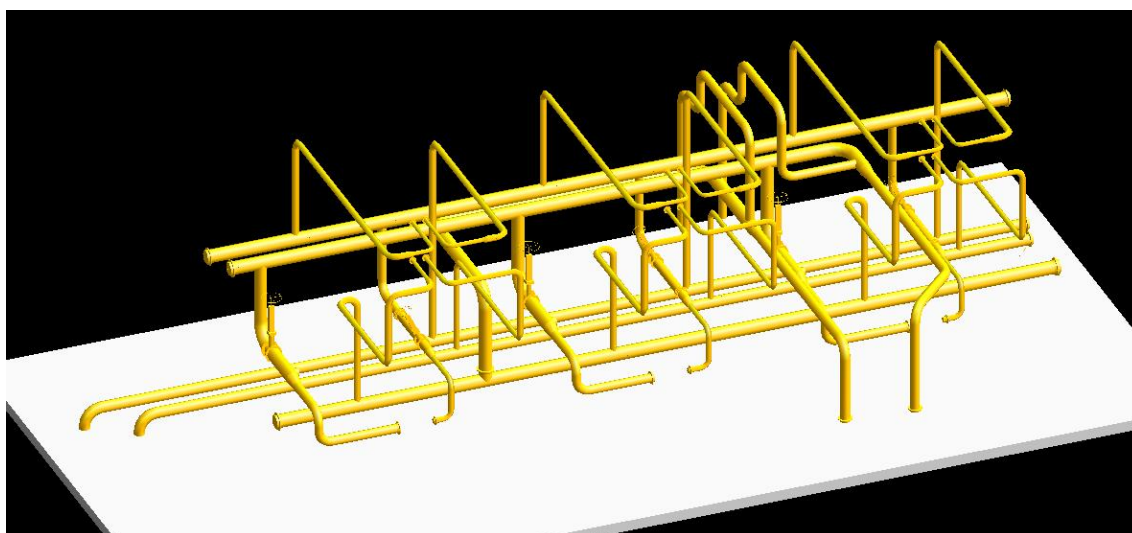


Figura 44. Entramado de tuberías en 3D de la planta creada en PDMS.

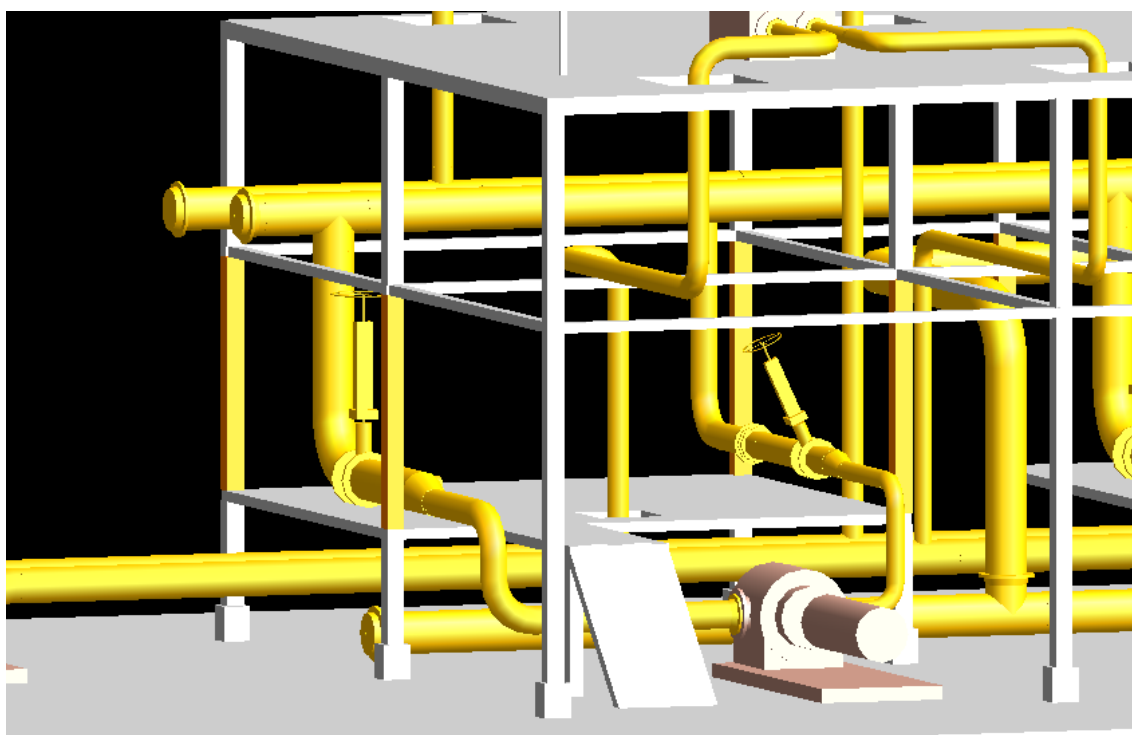


Figura 45. Vista de las líneas de aspiración e impulsión de la bomba y su conexión a líneas principales

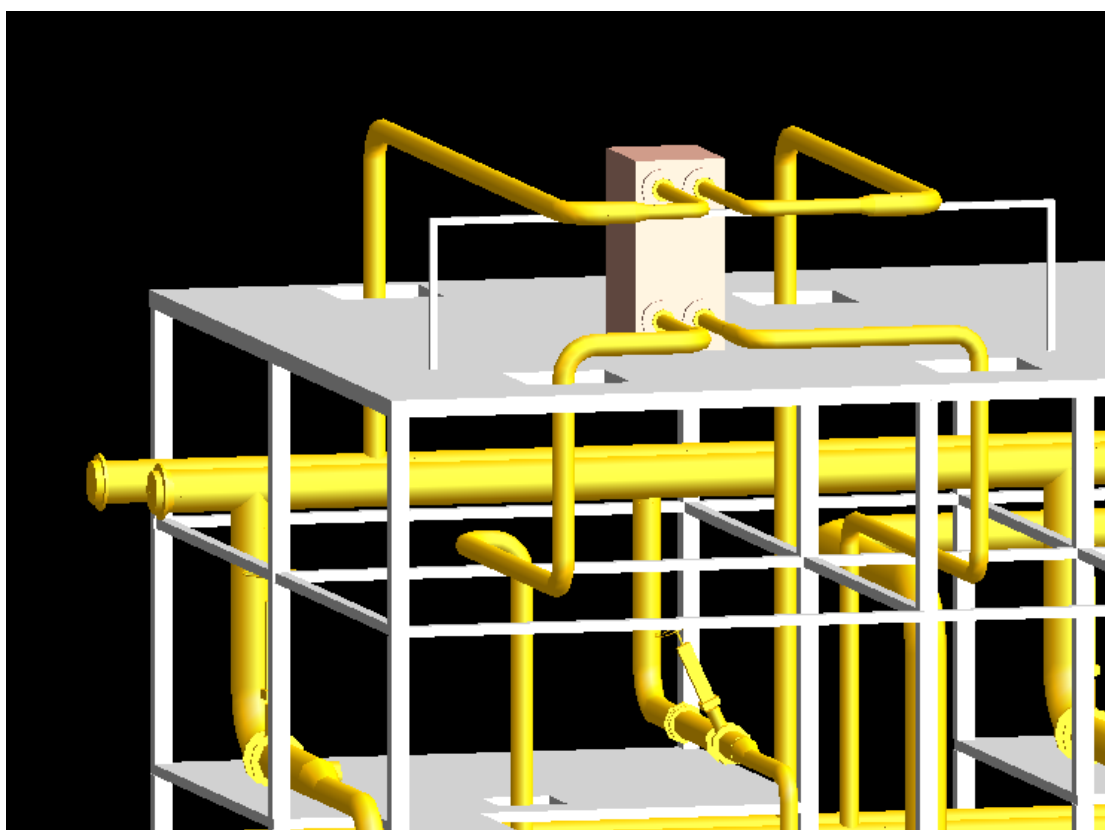


Figura 46. Vista de las líneas de conexión al intercambiador y a las líneas principales